

よくいただくご質問への回答

Q&A

1. エネルギー政策

- ①日本のエネルギー・電源構成について 1
- ②再生可能エネルギーについて 3
- ③原子力発電の利用について 6
- ④原子力発電のコストについて 8
- ⑤核燃料サイクルについて 10
- ⑥使用済燃料の貯蔵対策について 13
- ⑦廃炉に伴う放射性廃棄物の処分について 14
- ⑧総量管理の方法について 17

2. 地層処分の概要

- ①地層処分以外の処分方法について 18
- ②地層処分概念の成立について 19
- ③直接処分について 20
- ④最終処分と長期地上保管について 21
- ⑤暫定保管について 22

3. リスクと安全対策

- ①超長期の対応について 23
- ②ガラス固化体の放射能について 25
- ③岩種・地層の要件について 27
- ④地下研究施設の地下水について 28
- ⑤プレートテクトニクスの影響について 29
- ⑥地震の影響について 30
- ⑦沿岸部における影響について 33
- ⑧海域での処分について 34
- ⑨不測の事態について 35

4. その他

- ①科学的特性マップと文献調査の関係について 37
- ②社会的側面の考慮について 38
- ③先行する北欧の地層処分事業について 39
- ④風評被害について 42
- ⑤北海道の状況について 44
- ⑥交付金について 45
- ⑦対話活動について 46

2023年5月

1. エネルギー政策

① 日本のエネルギー・電源構成について

Q 原子力発電所が動いていなくても電気は足りているのではないのでしょうか。

A : 電気が足りているように感じるかもしれませんが、資源の少ない日本は電気が足りなくなるリスクを抱えています。

実際に、2021年1月上旬、電力需給がひっ迫し、電気が足りなくなりました。これに伴い、一時、最高価格 250 円/kWh を超える水準までスポット価格が高騰しました。主な原因は、寒さにより電力需要の増加、LNGの在庫不足による供給減少となり、需給がひっ迫したことです。この需給ひっ迫時にも、稼働した原発は燃料制約に縛られない貴重な電気の供給源としての役割を果たしました。

資源の少ない日本では、電力供給の8割近くを石炭・石油・天然ガス（LNG）などの「化石燃料」による火力発電に依存しており、エネルギー自給率はOECD諸国の中でも38か国中37位と、非常に低い水準です（2021年度確報値：13.3%）。国際情勢の変化などで、エネルギー資源の輸入量が減れば、電力不足になりかねません。

また、火力発電自体が増加したこと、再生可能エネルギー（再エネ）の固定価格買取制度（FIT制度）に伴う負担（再エネ賦課金：2012年度0.22円/kWh（家庭）⇒2021年度3.36円/kWh）などによって、私たちが支払う電気料金が上昇しています（2021年度は2010年度と比較して家庭用では31%、産業用では35%上昇）。」

エネルギー政策を進めるにあたって、安全性(Safety)を大前提とし、エネルギーの安定供給(Energy Security)を第一とし、経済効率性の向上(Economic Efficiency)による低コストでのエネルギー供給を実現し、同時に、環境への適合(Environment)を図る、S+3Eの大原則が重要ですが、すべての面で優れた発電方法はありません。

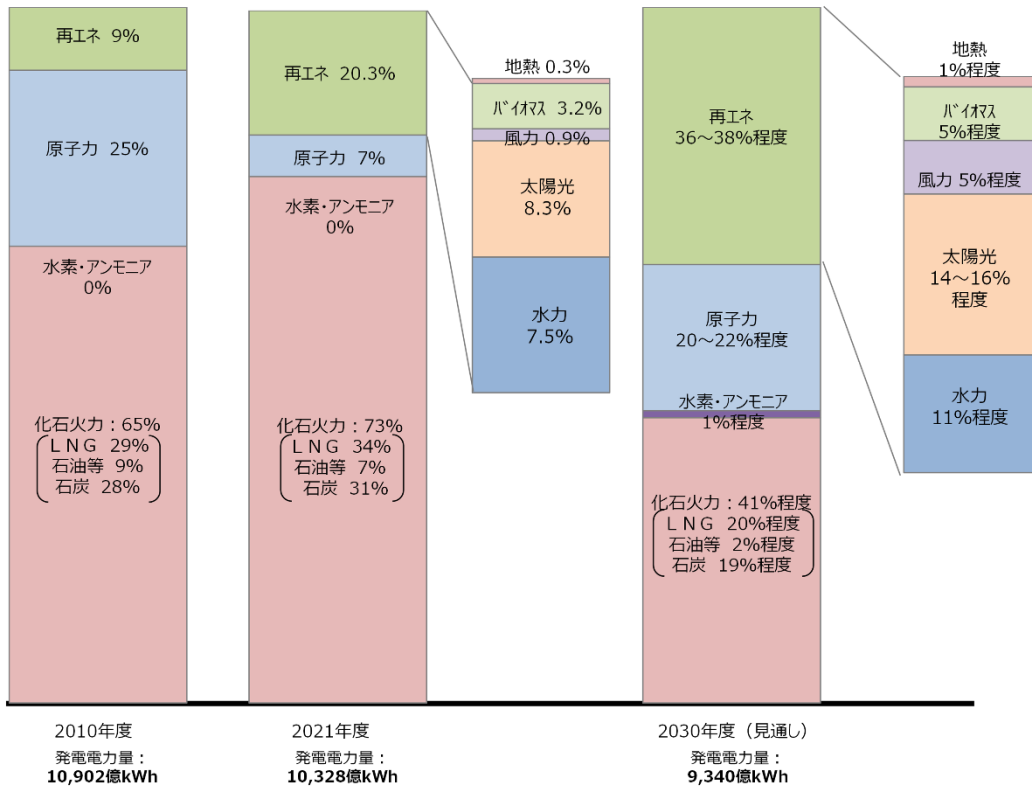
当然、徹底した省エネの推進や再エネの最大限の導入も図っていきませんが、省エネには国民生活の利便性や企業の経済活動との関係で限界があり、再エネについても、自然条件に影響される供給の不安定性等の課題があります。

なにかひとつのエネルギー源に頼るのではなく、さまざまなエネルギー源をバランスよく使っていくことにしています。

このため、燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく、優れた安定供給性を有し、また運転時にCO2を排出しないことから、重要な電源のひとつとされている、原子力発電についても、安全性の確保を大前提とした上で利用していくことは欠かすことができないと考えています。

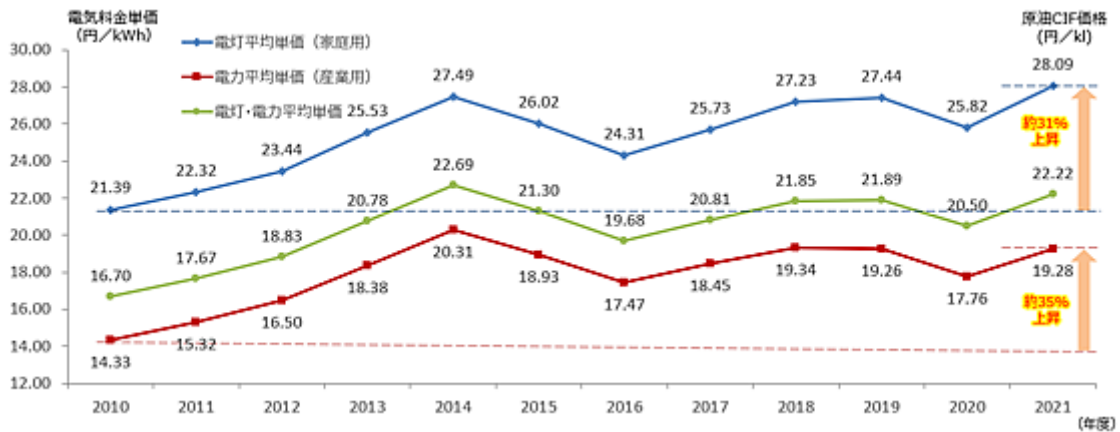
日本の電源構成の推移

<電源構成>



[出典] 総合エネルギー統計(2021年度確報値)等を基に資源エネルギー庁作成

震災後の電気料金の推移



[出典] 発電月報、各電力会社決算資料等を基に資源エネルギー庁作成

② 再生可能エネルギーについて

Q 再エネをもっと推進すべきではないでしょうか。

A : 日本の再エネ電力比率は 2021 年度で約 20%です。再エネ発電導入設備容量は世界第 6 位で、そのうち太陽光発電導入容量は世界第 3 位です（2021 年度実績）。

再エネは重要な低炭素の国産エネルギー源であり、日本で更なる導入拡大を図るためには、①自然条件で変動する出力への対応、②産出地と消費地を結ぶ系統容量の確保、③環境適合などの課題に取り組む必要があります。

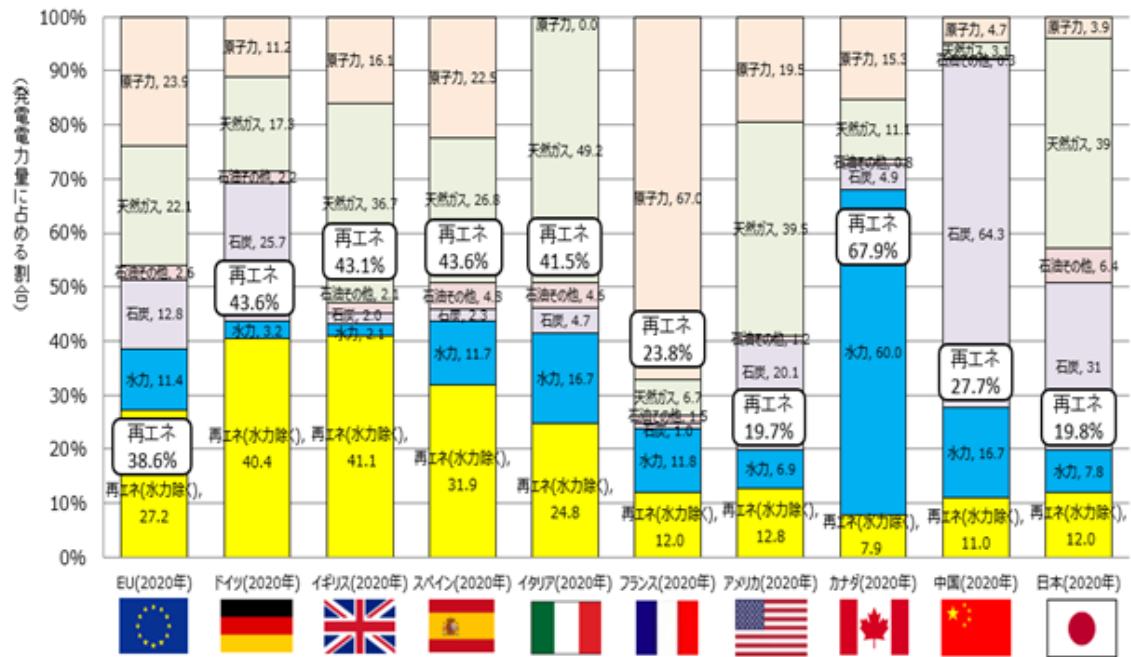
まず、「発電量が天候や風力に左右されてしまい、発電量の予想が難しい」という再エネの特徴に対して、南北に長い形状の島国でどのように向き合うかという課題があります。国と国が陸続きである欧州では、再エネの発電量が天候に左右されたとしても、隣の国と送電線で融通しあうことができます。電力が不足した場合には隣の国から買った電気をもらい、発電しすぎた場合には隣の国に電気を送れば良いのです。しかし、島国である日本では、この方法をとることができないため、再エネ由来の電気の出力を補い、バランスを調整する火力発電などの電源の確保や、蓄電池などでエネルギーを蓄積する手段の確保が不可欠です。需給のひっ迫時などに発電できる能力を持つ事業者が稼働率に関わらず、安定的に対価を得ることができる「容量市場」を 2020 年 7 月に創設しましたが、取引対象は「4 年後電力の供給力」であるため、効果があらわれるのは、まだ先のことです。

さらに、再エネの導入拡大に伴って、日本の電力系統に円滑につなぐことができないという問題が生じてきています。このため、「日本版コネクト&マネージ」の取組の一つとして、2021 年 1 月から、系統の混雑時には出力制御を受けるといった一定の条件の下で、新たな電源の送電網への接続を早期に認める仕組みである「ノンファーム型接続」の受付を開始しました。

また、将来の廃棄、安全面、防災面等に対する地域の懸念も高まっている中で、こうした懸念を払拭し、責任ある長期安定的な事業運営が確保される環境を構築することが必要です。このため、2016 年 10 月から資源エネルギー庁 HP に「不適切案件に関する情報提供フォーム」を設置しました。2022 年 2 月までに 850 件を超える相談を受けております。近年、自然環境や景観の保全を目的として、再エネ発電設備の設置を抑制ないし禁止する区域を設けることや住民説明会開催を義務づけるなどの条例も増加しています。

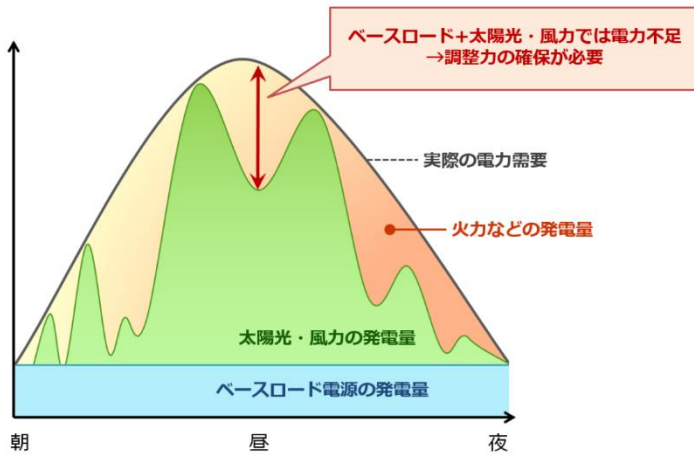
日本で再エネを主力電源にしていくためには、こうした取組を一つ一つ積み重ねることにより、日本ならではの課題も乗り越えていく必要があります。

主要国の電源構成比率



[出典] IEA Market Report Series - Renewables 2021 (各国 2020 年時点の発電量)
総合エネルギー統計 (2020 年度確報値) 等より資源エネルギー庁作成

容量市場の概要



[出典] 資源エネルギー庁スペシャルコンテンツ
「くわしく知りたい! 4 年後の未来の電力を取引する「容量市場」(2021 年 6 月)

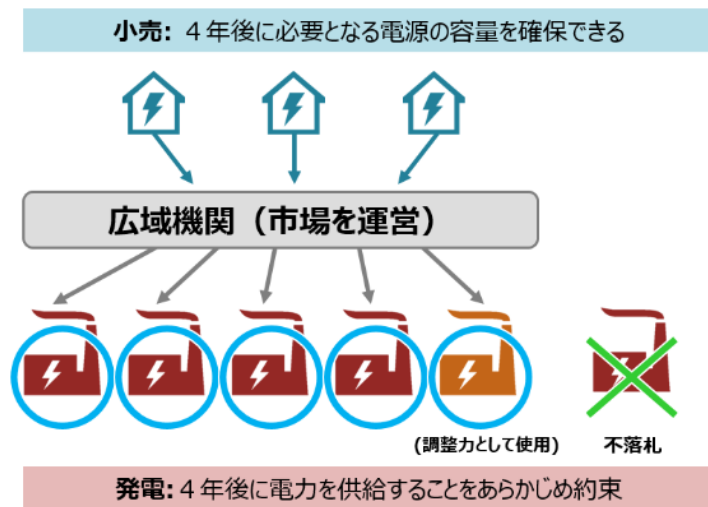
容量市場の仕組み

容量市場で取引されるのは、「4年後の電力の供給力」です。

まず、「電力広域的運営推進機関（広域機関）」が、4年後使われる見込みの電気の最大量（最大需要）を試算。その需要を満たすために必要な「4年後の電力の供給力」を算定します。その際、「気象や災害によるリスク」も含めながら「調達すべき電力」の目標容量を算定します。

次に、その調達量をまかなうために、「4年後に供給が可能な状態にできる電源」を募集します。これはオークション方式でおこなわれ、価格が安い順に落札されます。

発電事業者は電力を供給可能な状態とするよう発電所のメンテナンスなどをおこない、広域機関から対価を受け取ります。小売電気事業者は、将来必要となる電源の容量を確実に確保する対価として、広域機関にその費用を支払います。

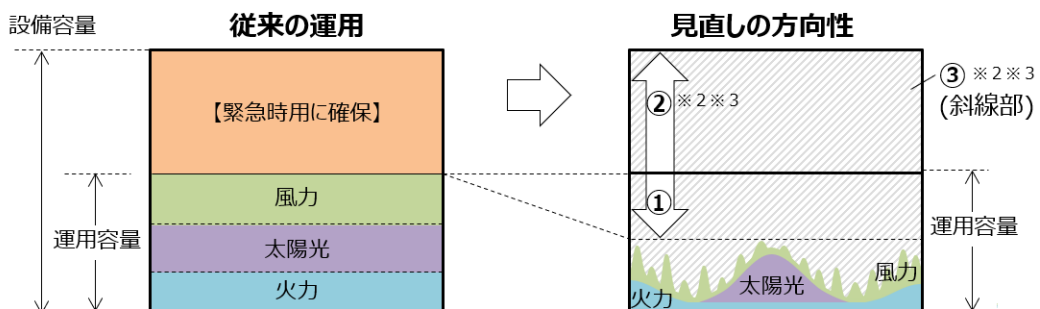


[出典] 資源エネルギー庁スペシャルコンテンツ

「くわしく知りたい! 4年後の未来の電力を取引する「容量市場」(2021年6月)

日本版コネクト&マネージの概要

取組	従来運用	見直しの方向性	実施状況
① 空き容量の算定条件の見直し(想定潮流の合理化)	全電源フル稼働	実態に近い想定(再エネは最大実績値)	2018年4月から実施 約590万kWの空き容量拡大を確認 ※1
② 緊急時用の枠の活用(N-1電制)	設備容量の半分程度(緊急時用に容量を確保)	事故時に瞬時遮断する装置の設置により、緊急時用の枠を活用	2018年10月から一部実施 約4,040万kWの接続可能容量を確認 ※1 2021年11月時点で全国で約650万kWの接続
③ ノンファーム型接続	適用しない	一定の条件(系統混雑時の制御)による新規接続を許容	2021年1月に空き容量の無い基幹系統に適用 2021年4月に東京電力PGエリアの一部ローカル系統に試行適用 2021年11月時点で全国で300万kW超のノンファーム型接続による契約申込みを受付



※1 最上位電圧の変電所単位で評価したものであり、全ての系統の効果を詳細に評価したものではない。
 ※2 周波数変動等の制約により、設備容量まで拡大できない場合がある。
 ※3 電制装置の設置が必要。

[出典] 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会(第37回)

③ 原子力発電の利用について

Q そもそも原子力発電を利用しはじめたことが間違いだったのではないのでしょうか。

A : 1951年に米国が世界初の原子力による発電を成功させて以来、世界ではエネルギー源としての原子力に注目が集まり、日本でも、1955年、原子力基本法が成立しました。

1966年には、日本で初めてとなる商業用原発として、茨城県の東海発電所が運転を開始しました。その後、1970年には福井県にある敦賀発電所と美浜発電所で、現在の主流となる「軽水炉」の運転が開始されます。高度成長期にあった日本では、未来を担うさまざまな先端技術への期待が高まっていました。こうした世の中の流れの中で、「原子力は発電に利用することのできるエネルギーである」という認識が、日本にも広まっていきました。

そうした中、1973年には第一次オイルショックが、1978年には第二次オイルショックが起きました。日本でもオイルショックによる国民生活や経済における混乱は大きく、世界各国と同様に、「エネルギーの安定供給」が重要な課題として認識され、さまざまな政策が実施されました。

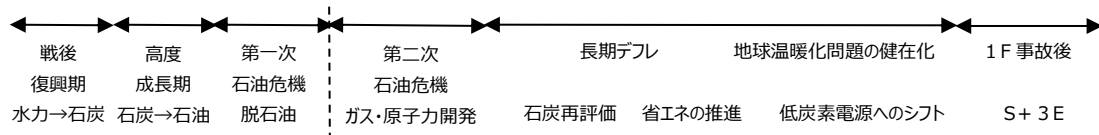
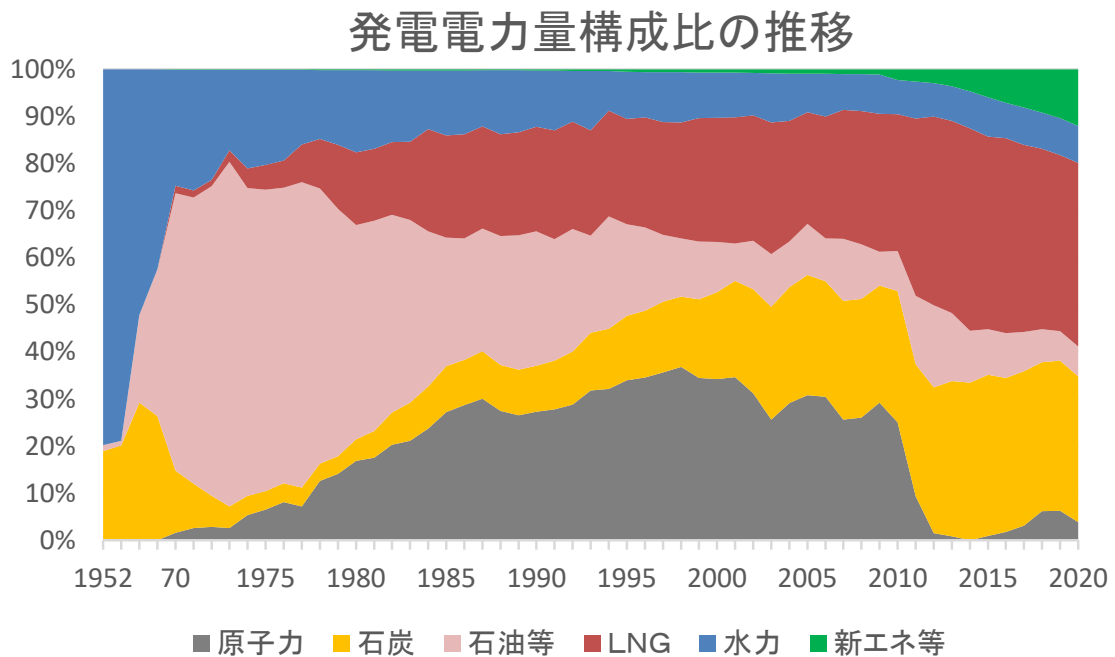
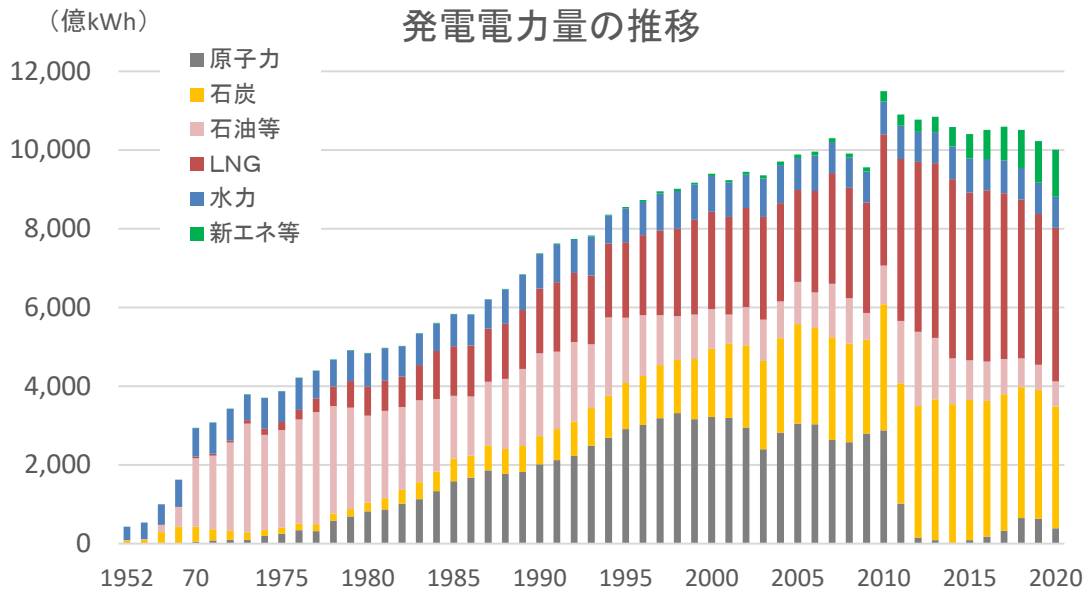
1973年のI E A(国際エネルギー機関)の閣僚コミュニケにおいて採択された「石炭に関する行動原則」において、ベースロード用の石油火力の新設、リプレースの禁止が定められるなど、国内で増え続ける電力需要を支えるためには、当時、電力供給の8割近くを担っていた石油火力に替わる電源を探す必要がありました。その中で、石炭火力・L N G(液化天然ガス)火力ともに、原子力発電の導入が進みました。

このように、原子力発電の導入が進んだ背景には、当時の政策の後押しによるものもありましたが、ここにいたるまでの間に、原子力発電に対する理解が日本社会の中で進んでいたこと、また電力需要が増大する中でのエネルギー供給の安定化という社会の強い要請もありました。

石油危機を経験した日本としては、石油に偏ったエネルギー構造を改め、エネルギー源の多様化が必要という状況の下で、従来の石油に加え、石炭、L N Gと共に、原子力が、エネルギーミックスの一翼を担うことになったのです。

このような経緯から、原子力発電が、50年以上にわたって、日本の経済と国民の生活を支えてきた重要な電源であることを、否定することは難しいと考えています。

日本の電力供給の推移



[出典] 2009 年度以前分：資源エネルギー庁「電源開発の概要」、「電力供給計画の概要」を基に作成。
 2010 年度以降：「総合エネルギー統計」を基に作成。(2020 年度は速報値)
 (注)1971 年度までは沖縄電力を除く。

④ 原子力発電のコストについて

Q

原子力発電所事故の処理や、「核のゴミ」の問題など、原子力はコストがかさむと思います。本当に「安い」と言えるのでしょうか。

A：原子力発電には、発電所の建設費用以外にも、万が一の事故にそなえる費用、最終処分費用、安全対策費用、廃炉に必要な費用など、さまざまなコストがかかることは事実です。

2021年に行った発電コスト計算では、そうしたさまざまなコストをすべて盛り込んだ上で、2030年に原子力発電所を更地に新設した場合の発電コストは、kWh当たり11.7円以上という数値を出しており、原子力発電は、発電技術全体の中では比較的安いという結果になっています。なお、他の電源については、石炭火力発電はkWh当たり13.6～22.4円、太陽光発電（事業用）はkWh当たり8.2～11.8円、洋上風力発電はkWh当たり25.9円、地熱発電はkWh当たり16.7円という計算になりました。

なお、この計算には含まれていませんが、現実の運用では、例えば、太陽光のような「自然変動電源」が大量導入されると、蓄電池、火力の効率低下や揚水の活用などに要する「電力システムに統合するためのコスト」が発生することも考慮する必要があります。

これに対して、「事故の処理費用が今の予測よりも増えれば、原子力発電のコストも変わるのではないか？」などの指摘もあります。

2021年に行った発電コスト計算では、そのような場合も想定し、「廃炉」「賠償」といった事故処理費用などのコストが増えると原子力の発電コストはどのように変わるかという分析も行いました。具体的には、仮に福島事故廃炉・賠償費用等が1兆円増加した場合でも、発電コストへの影響は、kWh当たり0.01～0.03円の増加という計算になります。

原子力発電コスト

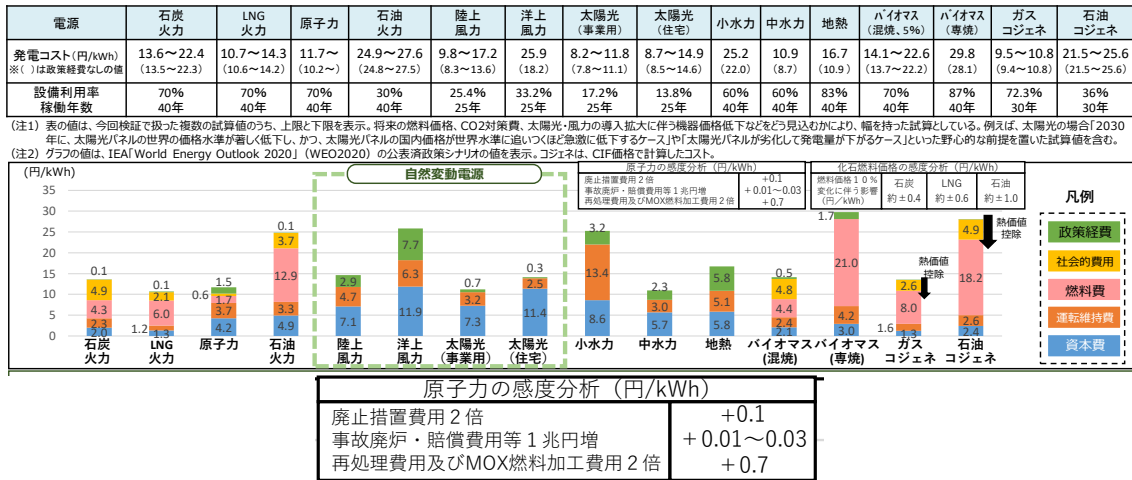
原子力発電コスト (2030年)
11.7円～/kWh
 (政策経費を除いた場合: 10.2円/kWh)

社会的費用	事故リスク対応費用 0.6円～	事故リスク対応費用(0.6円～/kWh) ・福島原発事故による事故対応費用を、約23.8兆円(廃炉8兆円、賠償7.9兆円、除染・中間貯蔵5.6兆円、その他2.3兆円)と想定し、出力規模等により約15.7兆円に補正。損害費用は下限を提示。 ・前回の共済方式の算定根拠を踏襲し、4,000炉・年に設定。 (ただし今後、全ての追加的安全対策を実施した場合の効果も勘案する必要あり。)
	政策経費 1.5円	政策経費(1.5円/kWh) ・立地交付金や技術開発予算等、約2,981億円を反映(2020年度予算ベース)。
	核燃料サイクル費用 1.7円	核燃料サイクル費用(1.7円/kWh) ・使用済燃料の半分を20年貯蔵後に再処理し、残りの半分を45年貯蔵後に再処理するモデル。
	追加的安全対策費 1.3円	追加的安全対策費(1.3円/kWh) ・新規基準に基づく、追加的安全対策に要する費用1基あたり平均約2,000億円について、モデルプラントの建設費として計上すべき費用を精査し、1,369億円を計上。
	運転維持費 3.3円	運転維持費(3.3円/kWh) ・人件費22.2億円/年、修繕費1.9%(建設費比例)、諸費94.1億円/年、業務分担費。
発電原価	資本費 3.3円	資本費(3.3円/kWh) ・建設費40万円/kW(120万kW×40万円=4,800億円)、固定資産税1.4%、廃止措置費用750億円を反映。

※モデルプラント想定値
 設備容量120万kW、設備利用率70%、稼働年数40年、割引率3%
 ※設備利用率は60%・70%・80%、割引率は、0・1・3・5%、稼働年数は40年・60年の複数ケースで試算する

[出典] 資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ「基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告」(令和3年9月)をもとに2030年モデルに編集・加工

2030年の電源別発電コスト試算の結果概要



[出典] 資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ「基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告」(令和3年9月)

※図「原子力発電コスト」における「追加的安全対策費」については、図「2030年の電源別発電コスト計算の結果概要」における「資本費」と「運転維持費」に含まれている。

⑤ 核燃料サイクルについて

Q

再処理工場は稼働しておらず、高速炉開発も進まず、核燃料サイクルは破綻しているのではないのでしょうか。



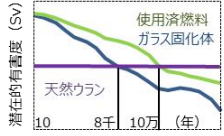

A：新聞や雑誌、ペットボトルなどのリサイクルと同じように、核燃料サイクルも大切な地球の資源を大事に使うための取組です。火力発電に使われる化石燃料（石油・石炭・天然ガス）は一度燃やすと灰や煙になって使えなくなりますが、原子力発電で使うウラン燃料は、使い終わった燃料の中から、まだ使えるプルトニウムなどを取り出すことができ、これを発電に使っていく流れを「核燃料サイクル」と呼んでいます。

核燃料サイクル（軽水炉サイクル）によって、①高レベル放射性廃棄物の体積を減らす、②有害度の低減にかかる時間を短縮する、③資源の有効利用となるなどのメリットがあります。

使用済燃料を再処理し、MOX 燃料として再利用する核燃料サイクルを進める上で、日本原燃の六ヶ所再処理工場と MOX 燃料工場は中核となる施設です。六ヶ所再処理工場は 2020 年 7 月の原子力規制委員会において、MOX 燃料工場は 2020 年 12 月の同委員会において、それぞれ事業変更許可を取得しています。その後、六ヶ所再処理工場は主要な安全対策工事は概ね 2022 年内に完了し、2022 年 12 月下旬には、第 1 回の設計及び工事計画の認可を取得するなど、現在、大詰めの段階にあります。日本原燃においては、新たな竣工目標の実現に向けて、安全審査等に確実かつ効率的に対応するため、安全審査への対応体制を強化するとともに、規制当局とより緊密なコミュニケーションを図るなどの対応を講じています。

さらに、高速炉では、核燃料サイクルのメリットをより大きくすることができます。高速炉開発については、「もんじゅ」で培った日本での研究開発・人材育成の取組が途絶えないように、「常陽」の運転再開に取り組み、さらに、米国やフランス等との国際協力の下、高速炉の運転開始に向けた研究開発を着実に進めていくことが重要だと考えています。

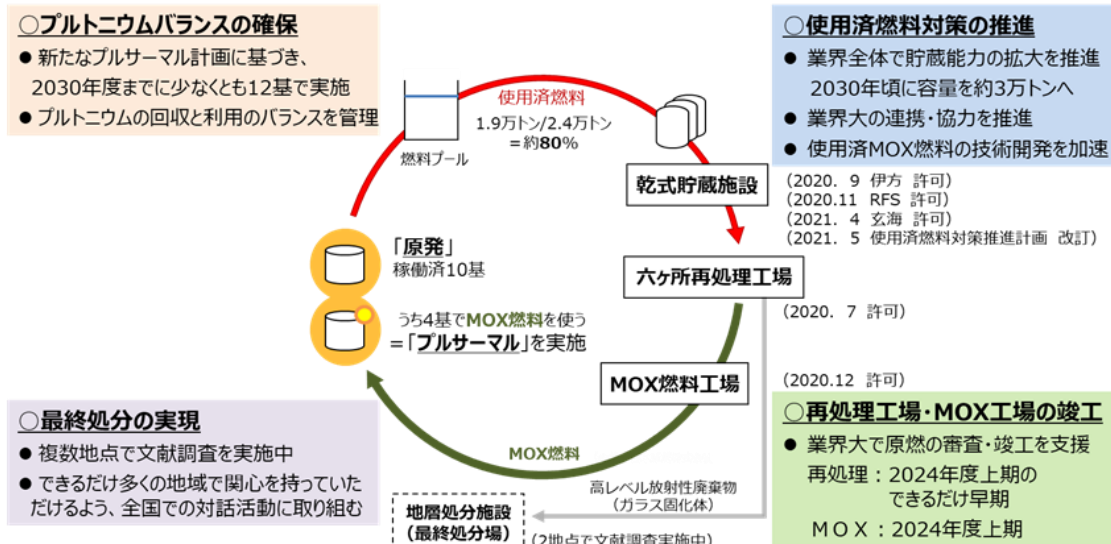
核燃料サイクルのメリット

核燃料サイクルのメリット		
	軽水炉サイクル (当面の姿)	高速炉サイクル (将来的に目指す姿)
①減容化	 体積比約1/4に ■再処理：最大800トン/年 原発40基/年 相当のSFを再処理	 体積比約1/7に
②有害度低減	 毒性が自然界並に低減する期間 【Bq】100万年 → 数万～10万年 【Sv】10万年 → 8千年	【Bq】900年 【Sv】300年
③資源有効利用	 ■MOX：最大130 t HM/年 新たに1～2割の燃料 800トンのSFから100トン程度のMOX燃料 (プルサーマル12基/年 相当)	更なる有効利用

[出典]資源エネルギー庁「核燃料サイクルの確立に向けた取組」
(第26回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 資料3)

核燃料サイクルの仕組み

- 2020年夏以降、核燃料サイクル施設の事業変更許可や最終処分取組など、核燃料サイクルの取組が大きく前進。
- 核燃料サイクル確立に向けて、①六ヶ所再処理工場・MOX燃料工場の竣工、②使用済燃料対策の推進、③最終処分の実現、④プルトニウムバランスの確保等の取組を加速することが重要。



[出典]資源エネルギー庁「核燃料サイクルの確立に向けた取組」を更新
(第26回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 資料3)

六ヶ所再処理工場・MOX燃料工場の竣工に向けた取組

六ヶ所再処理工場の経緯

1993年4月 着工
1999年12月 使用済燃料搬入開始
2006年3月 アクティブ試験開始 →ガラス溶融炉の試験停止
2013年5月 ガラス固化試験完了
2014年1月 新規制基準への適合申請
2020年7月 事業変更許可
2020年12月 初回設工認申請
→安全対策工事や使用前事業者検査を経て竣工

2024年度上期のできるだけ早期 竣工目標



使用済燃料の最大処理能力：800トン/年

MOX燃料工場の経緯

2010年10月 着工
2014年1月 新規制基準への適合申請
2020年10月 審査書案の了承
2020年11月 パブコメ終了
2020年12月 事業変更許可
初回設工認申請
→安全対策工事や使用前事業者検査を経て竣工

2024年度上期 竣工目標



最大加工能力：130トン-HM（ヘビーメタル*）/年
* MOX中のPuとUの金属成分の重量を表す単位

[出典]資源エネルギー庁「核燃料サイクルの確立に向けた取組」を更新
(第26回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 資料3)

⑥ 使用済燃料の貯蔵対策について

Q

最終処分の話も大事ですが、まずは、使用済燃料の貯蔵対策を強化する必要があるのではないのでしょうか。

A : 原子力発電所の再稼働や廃炉への取組が進展する中、使用済燃料の再処理を推進すると共に貯蔵能力の拡大を進めることが非常に重要です。

取組を強化するため、政府として、2015年に「使用済燃料対策に関するアクションプラン」を策定しました。

同プランに基づき、2015年以降、経済産業大臣と電力事業者の社長からなる「使用済燃料対策推進協議会」を開催し、状況を確認するとともに、大臣から、事業者が策定した「使用済燃料対策推進計画」^{※1}を着実に進めるよう、要請しています。

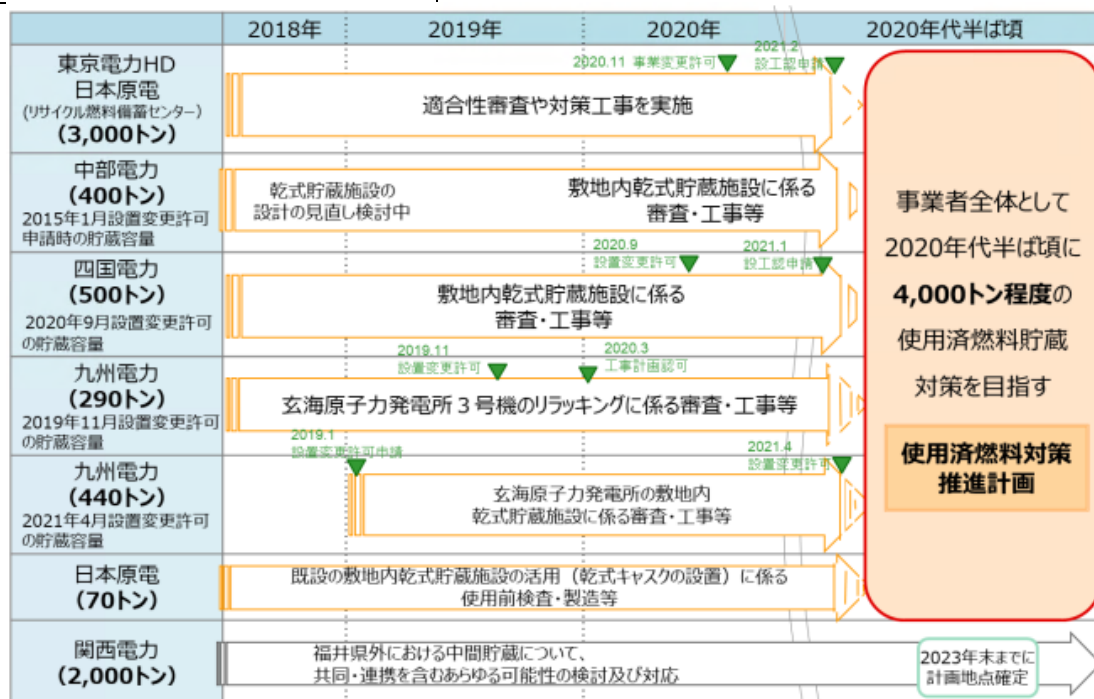
※1 同計画は2021年5月に改訂され、使用済燃料の貯蔵能力について、2020年代半ば頃に4,000tU程度、2030年頃に2,000tU程度、合わせて6,000tU程度の拡大を目指しています。

また、理解活動(シンポジウム等での使用済燃料対策の重要性の説明等)や、貯蔵能力拡大の取組への支援(交付金制度の見直し^{※2})も行っています。

※2 貯蔵設備の新設・増設や、乾式貯蔵(維持管理の容易さ、施設設置場所の柔軟性、輸送の利便性等に優れる貯蔵方式)への支援を強化しています(2016年4月から)。

引き続き、官民が協力して、使用済燃料対策の推進に取り組んでいきます。

使用済燃料対策方針の取り組み状況



注) ()内の数値において、四国電力、九州電力、日本原電においては現有施設における増量分となる。

[出典] 電気事業連合会「使用済燃料貯蔵対策の取組強化について(「使用済燃料対策推進計画」)」(2021年5月25日)

⑦ 廃炉に伴う放射性廃棄物の処分について

Q 各地で原子力発電所の廃止措置が進もうとしていますが、原子力発電所を解体することでも放射性廃棄物は発生するのではないのでしょうか。また、それらの処分はどうするのでしょうか。

A : 原子力発電所の廃炉に伴い発生する廃棄物は様々な放射能レベルを有する放射性廃棄物が発生しますので、放射能レベルに応じて取り扱います。大部分は、「放射性廃棄物でない廃棄物」や、「放射性物質が少なく、放射性廃棄物として扱う必要のないもの（クリアランス物）」であり、これらは一般の廃棄物として再利用または処分されます。

一方で、放射性廃棄物として扱う廃棄物は約2%程度発生しますが、これらは低レベル放射性廃棄物に区分され、放射能レベルに応じて処分方法が決まっています。

具体的には、低レベル放射性廃棄物の84%程度を占める放射能レベルが極めて低い解体コンクリート・金属などの廃棄物（L3廃棄物）は、人工構造物を設けない浅い地中に埋設します（トレンチ処分）。

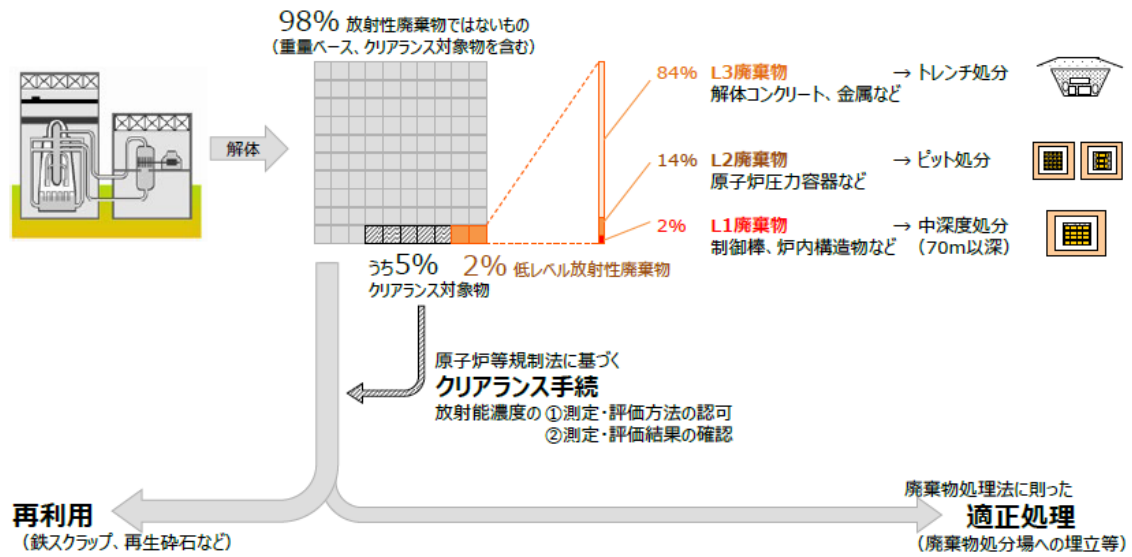
また、14%程度を占める放射能レベルが比較的低い廃液・フィルター・消耗品などの廃棄物（L2廃棄物）は、コンクリートピットを設けた浅い地中に埋設します（ピット処分）。

さらに、2%程度を占める放射能レベルが比較的高い制御棒などの廃棄物（L1廃棄物）は、一般的な地下利用に対して十分余裕を持った深度（地下70m以深）に埋設します（中深度処分）。

廃炉に伴う放射性廃棄物については、発生者責任の原則の下、事業者が処分場所の確保などにしっかり取り組むことが必要不可欠です。国としても、事業者がその責任を果たせるよう、必要な規制制度を整えるとともに、処分の円滑な実現に向け、研究開発を推進するなど、安全確保のための取組を進めてまいります。

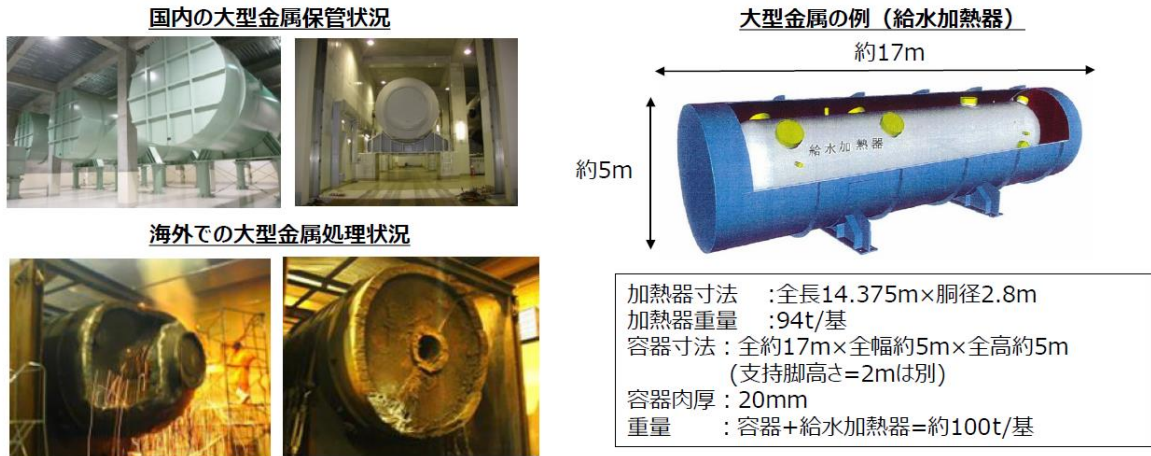
一部、物理的に大きい、又は形状が複雑であるために、解体や除染等の処理ができずに、発電所から取り出したそのままの形で発電所構内に保管している金属物（以下、「大型金属」）があります。国内に専用の処理設備のない大型金属のうち、有用資源としてリサイクルが可能なものについては、豊富な実績や技術を有する海外事業者への委託処理を可能とする制度の運用見直しを行いました。

原子力発電所の廃止措置に伴い発生する廃棄物の量と種類



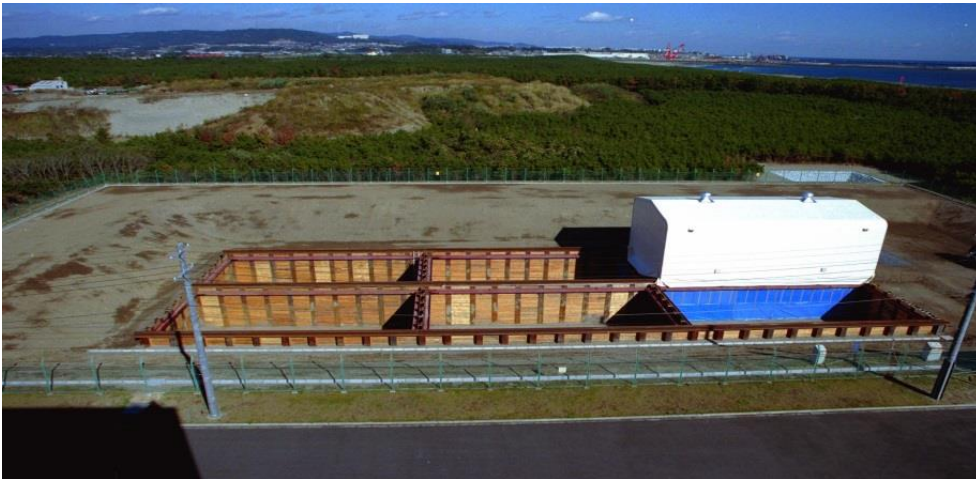
[出典] 資源エネルギー庁「原子力発電所の解体（一般廃炉）の現状と課題について」
(第20回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 資料4)

大型金属の例



[出典] 資源エネルギー庁「着実な廃止措置に向けた取組核燃料サイクルの確立に向けた取組」
(第22回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 資料8)

トレンチ処分の実施例



[出典]資源エネルギー庁ホームページ

- ※ 日本原子力研究開発機構（JAEA）の動力試験炉（JPDR）の解体に伴い発生した放射能レベルが極めて低い廃棄物について、1986年より、同研究所敷地内で試験的に埋設を実施。

ピット処分の実施例



[出典]資源エネルギー庁ホームページ

- ※ 原子力発電所の運転に伴い発生した放射能レベルが比較的低い廃棄物について、1992年より、青森県六ヶ所村にある日本原燃(株)六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターで埋設を開始。

⑧ 総量管理の方法について

Q まず原子力発電所を止めて、これ以上放射性廃棄物が増えないようにしてから最終処分の議論をすべきではないでしょうか。日本学術会議も「総量管理」すべきと提言したのではないのでしょうか。

A : 徹底した省エネの推進や再エネの最大限の導入も図っていきませんが、省エネには国民生活の利便性や企業の経済活動との関係で自ら限界があり、再エネについても、気象条件に影響される供給の不安定性などの課題があります。資源に乏しい日本において、国民生活や産業活動を守るという責任あるエネルギー政策を実現するために、なにかひとつのエネルギーに頼るのではなく、さまざまなエネルギーをバランスよく使っていくことにしています。こうした中で、原子力発電についても、安全性の確保を大前提に利用するという結論に至りました。

過去 50 年以上にわたって原子力発電を利用してきた結果、既に相当量の使用済燃料が発生している以上、将来の原子力の姿がどのようなものになるにせよ、最終処分の問題については、原子力発電の恩恵を受けてきたわたしたちの世代が真正面から向き合い解決に向けて取り組んでいくべき重要な課題です。

なお、日本学術会議が提言した「総量管理」には、①将来の廃棄物発生量に上限を設定するという方法（すなわち将来的な脱原子力）と、②発電単位当たりの廃棄物の発生量をできるだけ抑制するという方法があり、どちらを選択するにせよ、国民的に議論していくべきだというのが提言内容です。必ずしも廃棄物発生量の上限管理とすべき、という提言内容ではありません。

日本学術会議高レベル放射性廃棄物の処分に関するフォローアップ検討委員会
「提言 高レベル放射性廃棄物の処分に関する政策提言－国民的合意形成に向けた
暫定保管」（平成 27 年（2015 年）4 月 24 日）（抜粋）

総量管理とは、高レベル放射性廃棄物の総量に関心に向け、それを望ましい水準に保つことであるが、その方法としては、「総量の上限の確定」と「総量の増分の抑制」とがある。

「総量の上限の確定」とは、総量に上限を設定することであり、社会が脱原子力発電を選択する場合には、その脱原子力発電のテンポに応じて上限が定まってくる。

「総量の増分の抑制」とは、総量の増加を厳格に抑制することであり、単位発電量あたりの廃棄物の分量を可能な限り少ない量に抑えこむことである。

2. 地層処分の概要

① 地層処分以外の処分方法について

Q 地層処分以外にも安全な処分方法が考えられるのではないのでしょうか。

A : 高レベル放射性廃棄物を、人の管理によらず、最終的に処分する方法については、地層処分以外にも、さまざまな方法が国際機関や世界各国で検討されてきました。

原子力発電が各国で利用されはじめた当初、1950年代から1960年代にかけては、海洋投棄が検討されていました。しかし、海洋の汚染を防止するための国際条約（ロンドン条約, 1972）が制定され、放射性廃棄物を海洋に投棄する方法は棄却されました。

また、地球上における閉鎖的な環境への処分方法として、南極の氷の下に処分する氷床処分といった方法も検討されました。しかし、南極条約(1960)によって禁止されました。

宇宙空間に向けて放射性廃棄物をロケットで打ち上げる宇宙処分は、地球上での処分方法と比較して、成功した場合、人間社会からの隔離という面で大きな利点があります。一方で、ロケットの発射信頼度や、宇宙に打ち上げるためのコスト、必要なエネルギー効率の観点などから、実用的ではないとの報告がなされています（NASA, 1978）。

なお、これら以外の方法としては、地下数1000mを超えるボーリング孔を掘り、その中に放射性廃棄物を投棄する超深孔処分について、米国で研究が続けられています。超深孔処分については、投棄できる廃棄物の量が少ないこと、ボーリング孔を密閉する技術開発、深地層における地熱の問題などが指摘されており、米国においても軍事起源の一部の高レベル放射性廃棄物を対象とした実証実験にとどまり、商業炉由来の放射性廃棄物については、地層処分が選択されています。

地層処分以外の方法の処分方法に対する評価

処分方法	概要	評価
宇宙処分	ロケットで宇宙空間へ処分	・ロケット発射の信頼性の問題
海洋投棄	海上から海洋中に投棄し、海洋底の堆積物の中に処分	・ロンドン条約により禁止
氷床処分	南極大陸などの氷床に処分	・南極への処分は南極条約により禁止
超深孔処分	数キロ深度のボーリング孔に埋設処分	・定置プロセスがコントロールできない(SKB 2011) ・人工バリアによる防護が期待できない(SKB 2011)

※SKB：スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社

② 地層処分概念の成立について

Q

原子力発電の利用を開始する前から、廃棄物の問題を考えておくべきだったのではないのでしょうか。

A : 原子力発電に伴い発生する放射性廃棄物の最終処分の方法については、原子力発電の利用が始まる 1966 年よりも前から検討が開始されました。当時は海洋に投棄することが世界的に考えられており、日本も 1962 年に最終処分方式として深海投棄が検討されました。その後、海洋に廃棄物を投棄するのは適切でないとの考え方により、地下に埋めることが検討され、1976 年から研究開発が進められてきました。

1999 年に核燃料サイクル開発機構（現在の日本原子力研究開発機構）から、専門家や研究機関による 20 年以上の調査研究を踏まえた報告書「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分 研究開発第 2 次取りまとめ－」が公表され、日本においても地層処分を事業化の段階に進めるための信頼性ある技術基盤が整備されたことが示されました。

原子力発電を開始した当初から処分方法は考えられており、その実現に向け、しっかり対応してまいりました。処分方法は検討できております。処分場所の候補地を決めるために、まずは国民の皆さまにご理解をいただくため、2015 年に基本方針を改定し、さらに、2023 年 4 月にも基本方針を改定し、処分地選定プロセスのうち、最初の調査である文献調査の実施地域の拡大を目指し、取組を一段と強化しています。

<第 2 次取りまとめで示された内容>

- ① 安全な地層処分に必要な条件を満たす地質環境が日本に広く存在し、特定の地質環境がそのような条件を備えているか否かを評価する技術
- ② 幅広い地質環境条件に対して人工バリアや処分施設を適切に設計・施工する技術
- ③ 長期にわたる安全性を予測的に評価する技術とそれを用いた安全性を確認

日本における処分方法の検討経緯

1962年：原子力委員会報告書 放射性廃棄物の処分方法の検討開始

1966年：原子力発電の利用開始

1976年：原子力委員会決定 地層処分の研究開始

1999年：核燃料サイクル開発機構（現JAEA）研究開発成果「第2次取りまとめ」

日本において地層処分は技術的に実現可能であることを国内外の専門家により確認

2000年：最終処分法制定

- 処分方法として地層処分を位置付け
- 事業主体としてNUMO（原子力発電環境整備機構）設立

③ 直接処分について

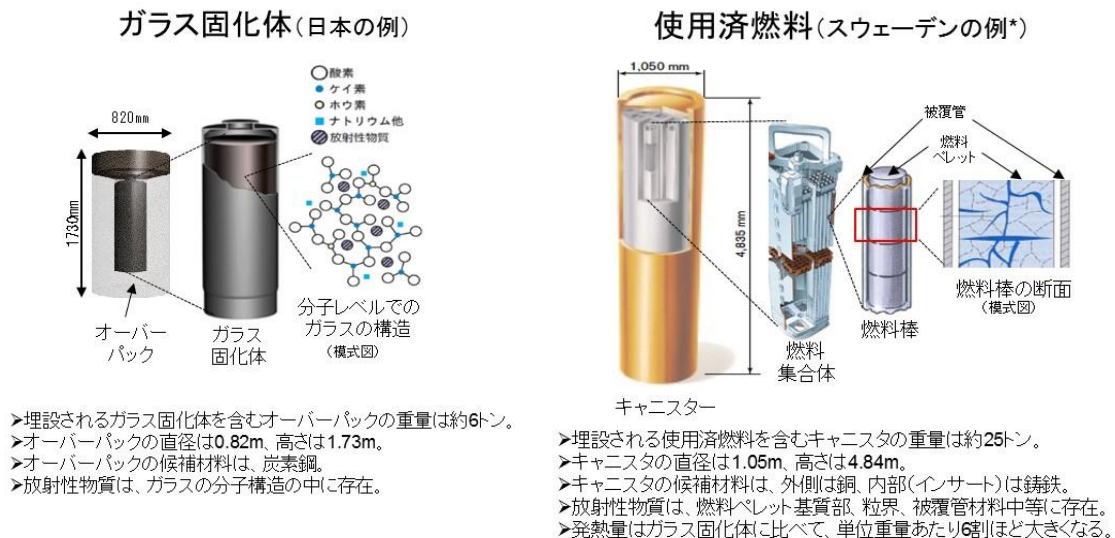
Q 使用済燃料を再処理せずに、直接処分の方が簡単なのではないでしょうか。

- A** : 使用済燃料を再処理せずに直接処分する場合、再処理した場合のガラス固化体と比べて、
- ① ウラン・プルトニウムが多量に存在するために、核分裂が継続的に起きる（臨界）可能性がある
 - ② 廃棄体の発熱量・放射線量が大きく、寸法も大きく重い
 - ③ 必要となる処分場の面積が大きくなる
- という違いがあります。

このため、ウランやプルトニウムが含まれている使用済燃料が臨界を起こさないようにする対策や、ガラス固化体に比べて発熱量が大きい廃棄体を封入する容器の対策などについて検討するとともに、日本の地質環境条件等での使用済燃料の直接処分の技術的信頼性について評価する必要があります。

幅広い選択肢を確保する観点から、直接処分についても調査研究を進めていますが、資源の有効利用及び廃棄物の量を減らす、有害度を低減するといった観点から、「核燃料サイクル」を推進することを基本方針としており、直接処分への移行は想定していません。

使用済燃料とガラス固化体との違い



[出典] 資源エネルギー庁「原子力政策の課題」平成 24 年 11 月 基本問題委員会 資料

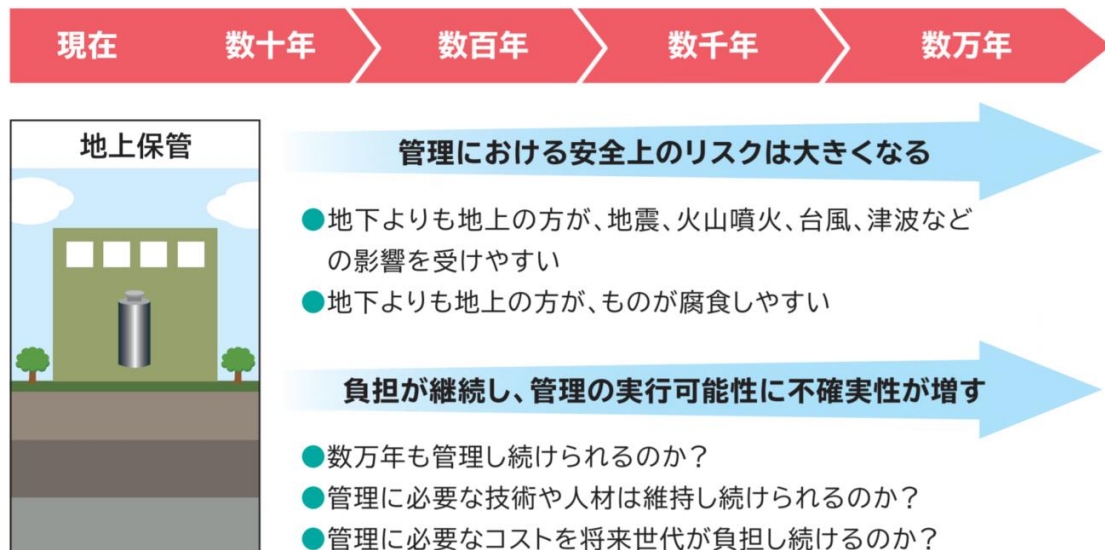
④ 最終処分と長期地上保管について

Q

目の届かないところへ処分するよりも、地上で貯蔵管理し続けた方が安心ではないでしょうか。

A : 高レベル放射性廃棄物の放射能は、時間の経過とともに減少しながらも、長く残存します。地上施設で貯蔵管理する方式の場合、それが人間の生活環境に影響を及ぼさなくなるまで、数万年といった長期にわたり地上施設を維持・管理していく必要があります、その間には施設の修復や建て替えも必要となります。さらに地震、津波、台風等の自然現象による影響や、戦争、テロ、火災等といった人間の行為の影響を受けるリスクがあります。

長期にわたり、このようなリスクを念頭に管理を継続する必要がある地上施設を残すことは、将来の世代に負担を負わせ続けることとなり、世代間責任の観点からも適切ではありません。国際協力機関である経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）においても、「廃棄物発生者は、将来世代に過度の負担を課さないよう、これらの物質に責任を持つとともに、そのための方策を準備すべき」「廃棄物管理の方策は、不明確な将来に対して安定した社会構造や技術の進展を前提としてはならず、能動的な制度的管理に依存しない受動的に安全な状態を残すことを目指すべき」との観点から、長期にわたる人の管理を必要としない最終的な処分を行うべきであるというのが国際的にも共通した認識です。



⑤ 暫定保管について

Q 暫く地上に保管して新たな技術開発を待った方が良いのではないのでしょうか。

A : 原子力発電を利用してきた現世代の責任として、現時点で最善と考えられる地層処分を前提に最終処分の実現を目指すべきであるというのが、国際的な共通認識です。他の技術が地層処分に替わるとの見通しは、どの国でも得られていません。

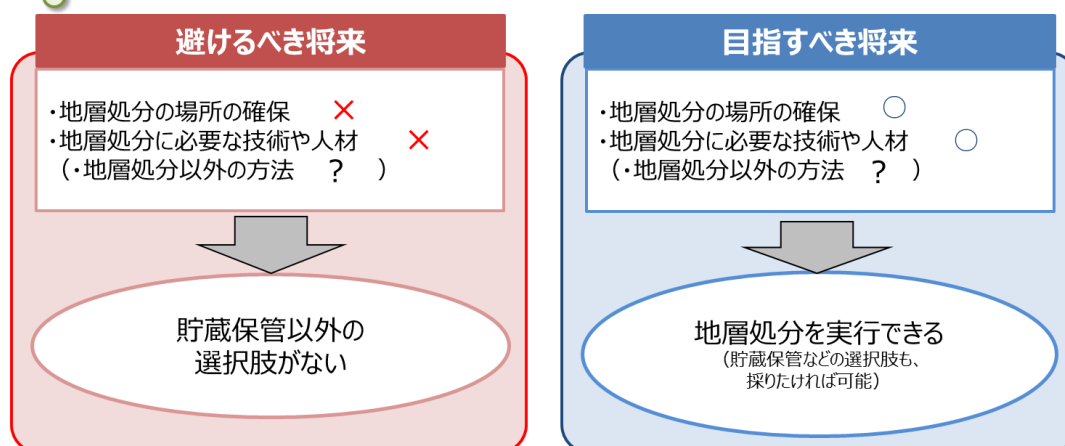
一方で、今の我々の見通しを超えた技術進展が起きる可能性も否定はできません。地層処分の実現を着実に目指しつつ、できるだけ回収可能性を確保し、将来世代に選択の余地を残すことも、基本方針（平成 27 年 5 月 22 日閣議決定）に盛り込まれました。地層処分を行うという選択肢を確固たるものとしつつ、それ以外の選択肢もできるだけ残す、ということを目指しています。

なお、日本学術会議が過去に出した報告書[※]の中で「暫定保管」という概念が示されていますが、その内容は、処分方法としては地層処分を前提とし、原則 50 年暫定保管するという内容です。地上保管をいつまでも続けるべき、というものではありません。時間軸としては、約 30 年で地層処分のための合意形成と処分地選定を行い、その後 20 年以内を目途に処分場を建設する、ということが示されています。

※ 日本学術会議高レベル放射性廃棄物の処分に関するフォローアップ検討委員会
「提言 高レベル放射性廃棄物の処分に関する政策提言 – 国民的合意形成に向けた暫定保管」(平成 27 年 (2015 年) 4 月 24 日)

国の基本方針においても、ガラス固化体の製造後「30 年から 50 年間程度貯蔵」することとしており、日本学術会議の提言にある暫定保管期間 (50 年) とおおむね同じ期間です。

単に地上保管を続けることで
地層処分という選択肢を将来世代から奪ってはならないと考えます



[出典] 資源エネルギー庁「核燃料サイクル・最終処分に向けた取組について」
(第 16 回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 資料 3)

3. リスクと安全対策

① 超長期の対応について

Q 万年単位の話ですが、リスク対応・安全責任はどのように考えているのでしょうか。

A : 埋設後の万年単位のリスク対応については、以下のような手順で対応します。

(1) リスク要因の抽出

埋設後の長期の安全性に影響を与えるかもしれない現象など（リスク要因）を網羅的に抽出します。なお、万年単位の将来については、数十万年以上まで遡って過去の状況やその変遷を詳細に把握し、それを踏まえて想定します。

<埋設後、数万年以上の長期間に渡って考慮すべきリスク要因>

- ① マグマの処分場への貫入
- ② 著しい隆起・侵食速度
- ③ 鉱物資源の存在
- ④ 高い地温、熱水や酸性の地下水の流入
- ⑤ 断層のずれ
- ⑥ 好ましくない地質環境の特性

(2) 立地や設計による対応

上記のリスク要因について著しい影響が想定される範囲を回避します。また⑥については、地下施設の配置や人工バリアの仕様などによる対応も検討します。

(3) 安全性の確認

立地による対応や設計による対応の結果、安全が確保できるかどうかを確認します。数万年以上という非常に長期間と、不均質で大きな広がりをもつ岩盤を対象とすることから、実験などによって安全性を直接確認することができません。そこで、以下のような手順で安全性を確認します。これは国際的に共通した考え方です。

(ア) リスク要因の抽出と検討ケースの設定

例えば、⑥好ましくない地質環境の特性（リスク要因）により、放射性物質が地表まで移動することにより、人間の生活環境に与える影響（リスク）をさまざまな要因を考慮して評価するケースなどを設定します。

(イ) 解析による評価

場所の特徴と処分場の設計結果を考慮し、解析モデルと解析に必要なパラメータを設定して、人間の生活環境への影響を算出します。

このような解析により、安全性に及ぼす影響が大きい項目を抽出し、地下施設の配置などの設計に反映します。そのようなプロセスを経た結果を安全基準と比較することで、安全性を確認します。この手順を繰り返すことで、リスクをできる限り小さくしていきます。このような検討の結果、安全基準を満たさなければ、その場所は地層処分に不適と判断します。

その上で、処分事業における一義的責任は事業実施主体であるNUMOが負います。安全規制への適合・遵守にとどまることなく、安全性の向上に向けて不断に取り組む責務を有しています。

また、NUMOは、原子力損害賠償制度に基づく賠償責任を負いますが、その上で、NUMOが対応困難な事故等が発生した場合や、NUMOが解散した後については、国が必要な措置を講じてまいります。

リスク要因

埋設後、数万年以上の長期間にわたって考慮すべきリスク要因

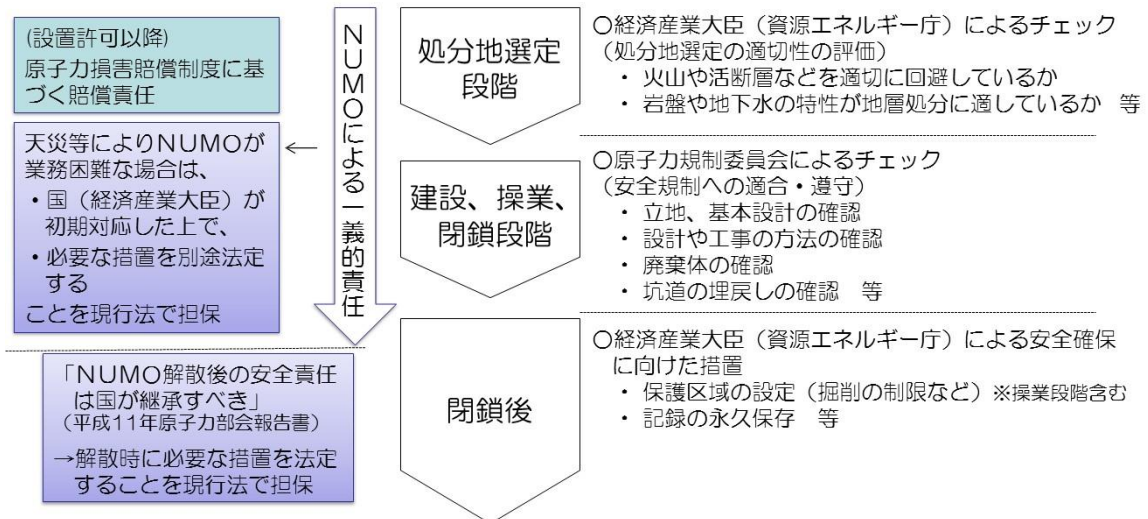
人間の生活環境からの隔離機能に関して

リスク要因	
● マグマの処分場への貫入	マグマが処分場へ貫入すると、地下施設が破壊され、放射性物質が地上に押し上げられて、隔離機能が喪失するおそれがあります。
● 著しい隆起・侵食速度	隆起・侵食が著しく大きい場所では、地下深部に設置した地下施設が岩盤と一緒に隆起したり、地表面が侵食されたりすることによって徐々に人間の生活環境と放射性廃棄物との距離が接近し、隔離機能が喪失するおそれがあります。
● 鉱物資源の存在	鉱物資源の探査・採掘などにより、誤って放射性廃棄物と人間とが接近し、隔離機能が喪失するおそれがあります。

放射性物質の閉じ込め機能に関して

リスク要因	
● 高い地温 ● 熱水や酸性の地下水の処分場への流入	火山などの影響により、地温が高い場合や、熱水や酸性の地下水が処分場へ流入する場合には、人工バリアが変質するなどして、閉じ込め機能が喪失するおそれがあります。
● 断層のずれ	地下施設内に存在する断層がずれると、人工バリアの一部が破壊されるなど、閉じ込め機能が喪失するおそれがあります。
● 天然バリアや人工バリアの機能低下をもたらす地質環境特性	地下水の流れが緩やかでないなど、好ましい地質環境特性でない場合は、天然バリアや人工バリアが十分な閉じ込め機能を発揮できなくなるおそれがあります。

リスク対応・安全責任の考え方



② ガラス固化体の放射能について

Q

ガラス固化体から人が近寄れないほど強い放射線が出ると言われますが、どの程度危険なのでしょうか。

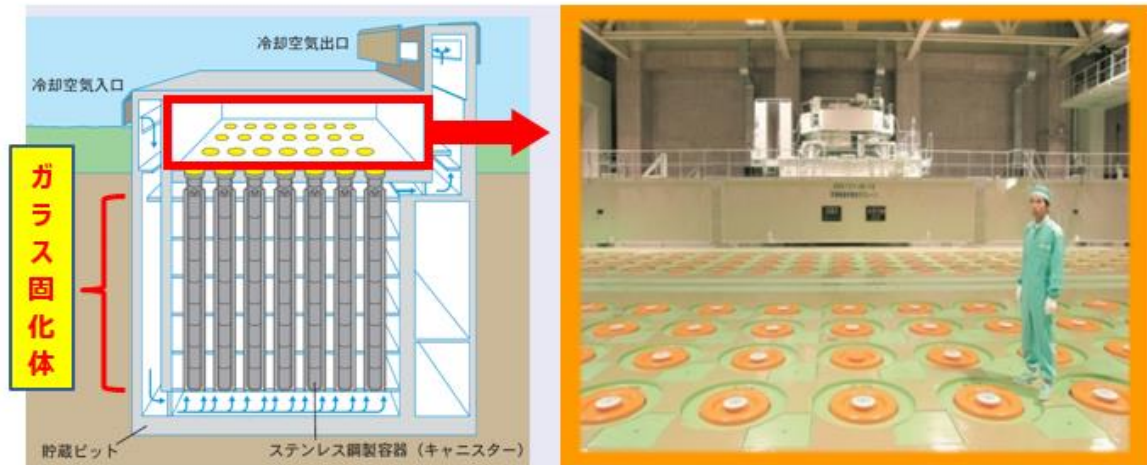
A : ガラス固化体から出る放射線は、金属やコンクリートなどで遮へいすることで影響を小さくすることが可能です。製造直後は、実際にはありえませんが、仮に真横に人間が立てば 20 秒弱で人の生命に影響を及ぶほどの高い線量が出ますが、厚さ約 1.5m のコンクリートで遮へいするだけで、その外に人間が立ち入ることも可能なレベルまで線量が下がります。現在も、青森県六ヶ所村では、厚さ約 2m のコンクリートで遮へいすることで、ガラス固化体を安全に貯蔵しています（次ページ）。

また、時間とともに放射能は小さくなり、放射線量も下がります。製造後 50 年もたてば、ガラス固化体を約 20cm 厚の金属製のオーバーパックに封入した場合の外側の表面線量は、約 2.7mSv/時まで低くなります。

その後もガラス固化体から出る放射線量は下がり続けます。1000 年後のオーバーパックの外側では、約 0.15mSv/時にまで下がります。

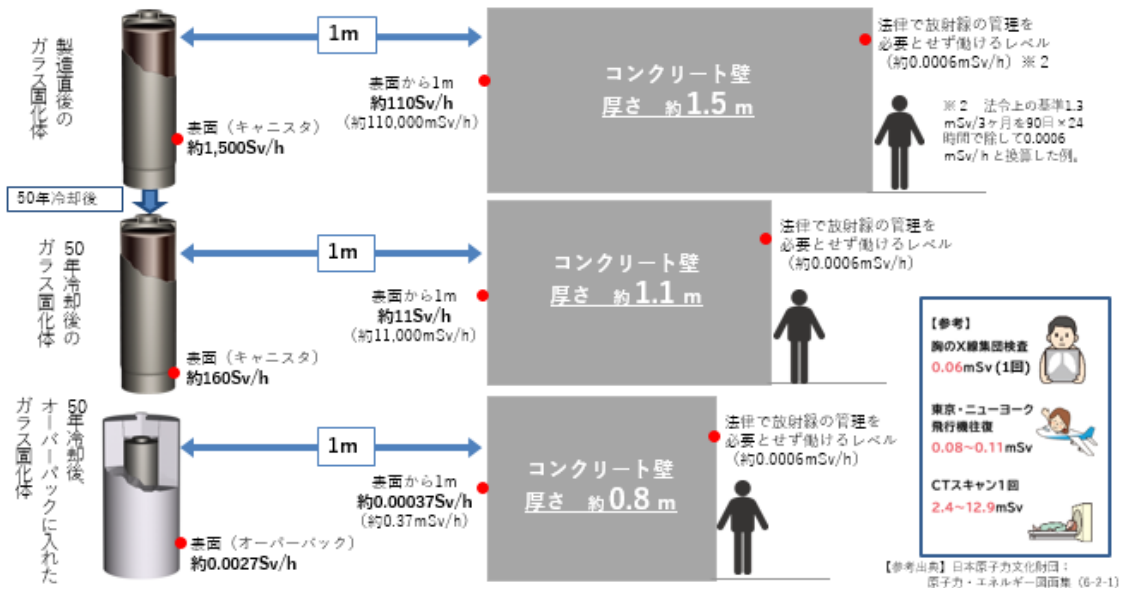
ガラス固化体について注意すべきことは、万年単位の長い年月を通じて、残った放射性物質が地下水によって地表近くまで運ばれることにより、遠い将来の人間に大きな影響を与えないかどうかです。そうしたことをないよう、立地や設計によって対策を講じ、それによって影響が十分小さくなることを確認します。

高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター（青森県六ヶ所村）の貯蔵ピット



写真提供：日本原燃（株）

ガラス固化体（高レベル放射性廃棄物）からの放射線量



※1 放射能は時間の経過とともに減少する性質があります。

③ 岩種・地層の要件について

Q どんな岩種・地層でも処分できるのでしょうか。

A : 安全な地層処分が可能かどうかは、個別地点ごとに処分地選定調査の中で評価することとなります。岩石の種類だけで優劣をつけることはできません。

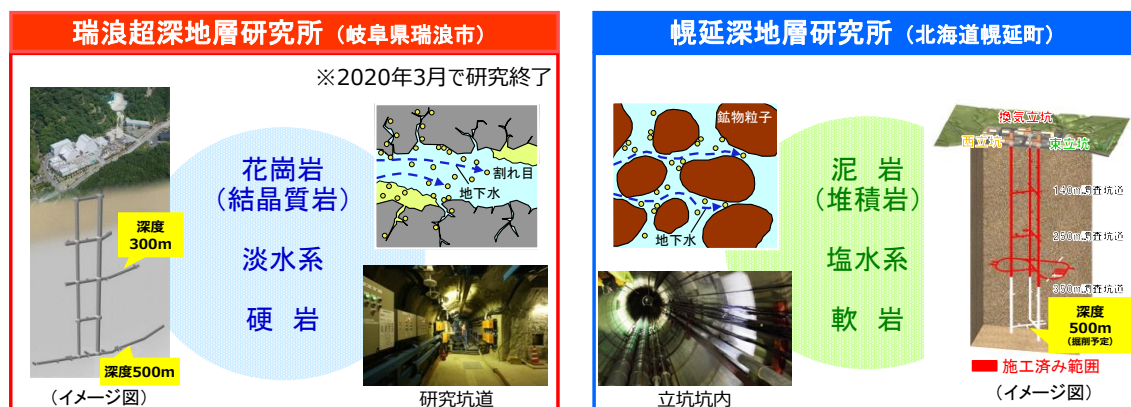
地層処分では、埋設箇所の地質環境が、例えば酸素が少なく地下水の流れが緩慢といったように、放射性物質を閉じ込める働きや、人工バリアが性能を発揮する上で好ましい特性を持つ必要があります。また、それらの好ましい地質環境特性については、長期的な安定性も必要です。

こうした条件を満足していれば、基本的に岩石の種類によらず安全な地層処分は可能だと過去の研究成果から考えられています。

ちなみに、日本の地下深部は、結晶質岩と堆積岩が大きな割合を占めています。結晶質岩は比較的硬く、地下水は岩石中の割れ目の中を流れますが、一方、堆積岩は比較的軟らかく、地下水は岩石中の鉱物粒子の隙間を流れます。

地下深くのこれら2種類の地層を対象として、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）が、放射性廃棄物を持ち込まないこと、研究終了後は地下施設を埋め戻すこと、研究実施区域を最終処分場や中間貯蔵施設としないこと等を定めた協定の遵守を前提として、北海道幌延町と岐阜県瑞浪市の2箇所でさまざまな研究を実施しています。なお、北海道幌延町にある幌延深地層研究センターでは、2023年4月から、地下350mの調査坑道の拡張と地下500mまでの調査坑道の整備に向けた掘削を行って工事を開始しております。岐阜県瑞浪市にある瑞浪超深地層研究所は2020年3月に研究開発を終了し、2022年1月には施設の埋め戻しを完了しました。

深地層の研究施設の特徴



[出典] 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構作成

④ 地下研究施設の地下水について

Q 地下研究施設では、たくさんの地下水が確認されていますが大丈夫なのでしょうか。

A : 地下研究施設では、多量の湧水が確認された際の対処方法についても研究がすすめられています。本来、地下深部では、岩盤自体が水を通しにくく、また水を流そうとする力（圧力差）も小さいことから、地下水は最大でも数mm/年程度しか動きません。

一方で、掘削した場合、トンネルの表面は大気圧であるのに対し、岩盤内には深度数100m分の水圧がかかるため、大きな圧力差が生じます。その結果、岩盤中のすき間からトンネル内に地下水が流入しやすくなります。

地層処分場の場合も、地下施設の建設中や廃棄物の埋設作業中では同じように地下の坑道内と岩盤に圧力差が生じるため、地下水が流入しやすくなります。このため、排水設備を設置するとともに、調査により湧水量が多いと想定される箇所については、一般のトンネル建設でも採用されているグラウチング等の湧水抑制対策を施すことを考えています。

地層処分場は最終的には地下坑道を完全に埋め戻し、岩盤と埋め尽くされた坑道の圧力差はほとんどなくなるため、再び地下水の流れは建設前のように、非常にゆっくりとした状態に戻ります。



⑤ プレートテクトニクスの影響について

Q ヨーロッパなどで地層処分が成立したとしても、4つのプレートが重なる日本では難しいのではないのでしょうか。

A : 確かに、日本列島は4つのプレートがぶつかる場所に位置しており、プレートがもぐり込む場所やその周辺では、地震が頻発したり活発な火山活動が見られます。しかし、日本も国土全体が地層処分に適さないということではありません。

日本周辺のプレートの動きについては、その方向や速さ(数cm/年)は数100万年前からほとんど変化が無く、こうしたプレートの動きに関する活断層や火山活動などの傾向は今後も10万年程度はほとんど変化しないと考えられています。

処分場は地下数100mの深さでプレートの表面に近いところに位置します。また、処分場の広さは3km四方程度であり、大陸の大きさに匹敵するプレートの広さに比べれば非常に小さいです。したがって、断層活動や火山活動が起きる地域を避けて処分場を設置すれば、その構造や形状は長期にわたって安定して維持されます。

1970年代から長きにわたり研究が行われた結果、活断層や火山活動などの著しい影響を受けにくい長期にわたり安定した地下環境は、ヨーロッパと同様に、日本でも地域を特定することにより広く存在すると考えられるとの評価が得られています。

また、ヨーロッパにおいても、北欧では氷河期に形成される氷床の成長・後退に伴う岩盤にかかる荷重の変化により、断層の活動や地盤の比較的速い速度の隆起沈降[※]が生じます。このように地域によって特徴があるため、ヨーロッパにおいても、日本と同様、段階的な調査を経て処分地が選定されます。

※ スウェーデンの処分予定地であるフォルスマルクは約1万1000年前の海底下150mから約2500年前に陸地になった。

【出典】資源エネルギー庁「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について 2021年版」



200万年前～現在までの日本列島

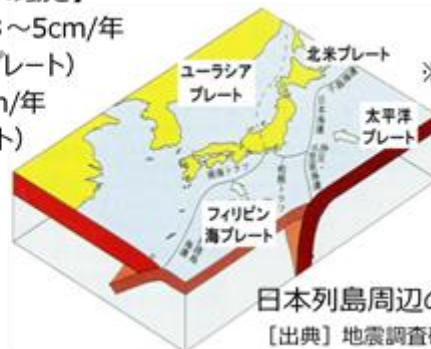
【現在の相対的なプレートの動き】

フィリピン海プレート：約3～5cm/年

(対 ユーラシアプレート)

太平洋プレート：約8cm/年

(対 北米プレート)



日本列島周辺のプレート

【出典】地震調査研究推進本部地震調査委員会編、1997に加筆

※ 地球表面の地殻とその下のマントルの比較的硬い部分をあわせてプレートと呼びます。地殻だけでも大陸で30～60km、海底で5～10km程度の厚さです。

⑥ 地震の影響について

Q 日本全国、地震が発生していると思います。地震の影響を受けないのでしょうか。

A : 地震調査研究推進本部が 2021 年 3 月に公表した「全国地震動予測地図 2020 年版」では、全国各地における地震の発生確率や揺れの程度を示しています。

この地図からもわかる通り、日本では多少の差があるものの、地震の揺れから逃れられる地域はありません。そのため、処分場を設計していく上では、地震の影響も考慮します。

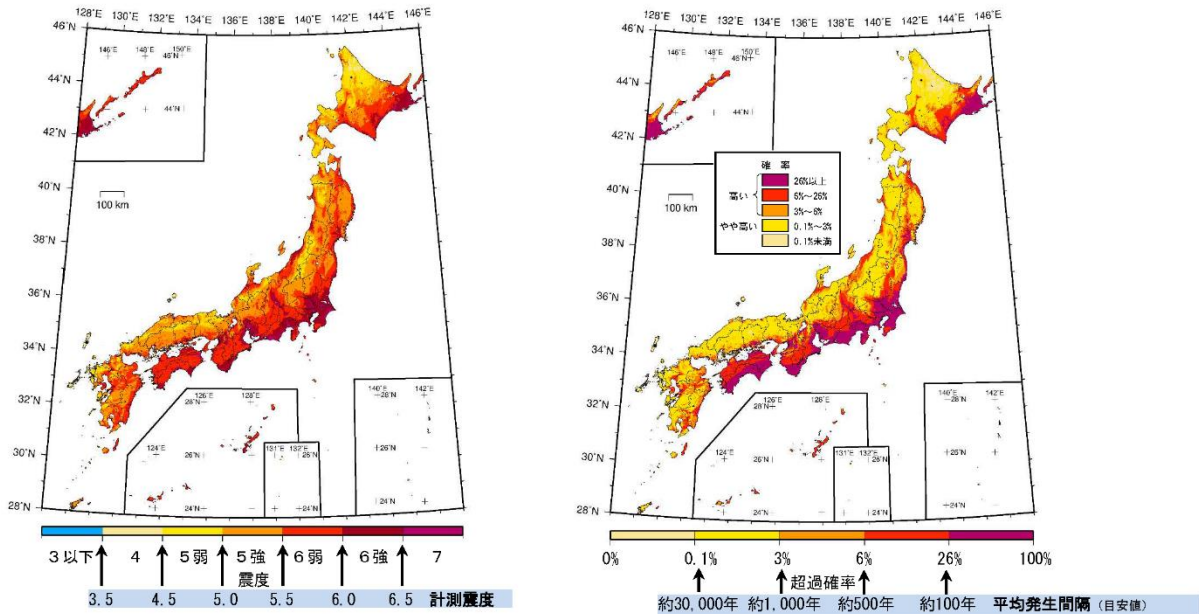
具体的には、廃棄体や処分施設が受ける地震の影響について、個別地点における詳細な処分地選定調査の中で、過去の地震の履歴などを綿密に調査・評価するとともに、起こりうる最大の地震動を想定し、工学的対策によって構造や機能の健全性が確保されるかどうか等を検討していくことになります。

また、常に地下は地層の重さ分の強い圧力がかかっています。東日本大震災級の揺れが発生したと仮定しても、そこで発生する力（1 m²あたり約 150t の力）は、地下 500m のトンネルに元からかかる地層の重さ分の圧力の約 1/20 以下であるとされています。

これにより、廃棄体の埋設後の地震の揺れによる影響は、一般論として、地下での揺れが地表付近と比較して小さくなる（1/3 から 1/5 程度）ことや、廃棄体と岩盤が一緒に揺れることから、地下深部の処分施設に地上と同程度の大きな影響が及ぶことは考えにくいです。

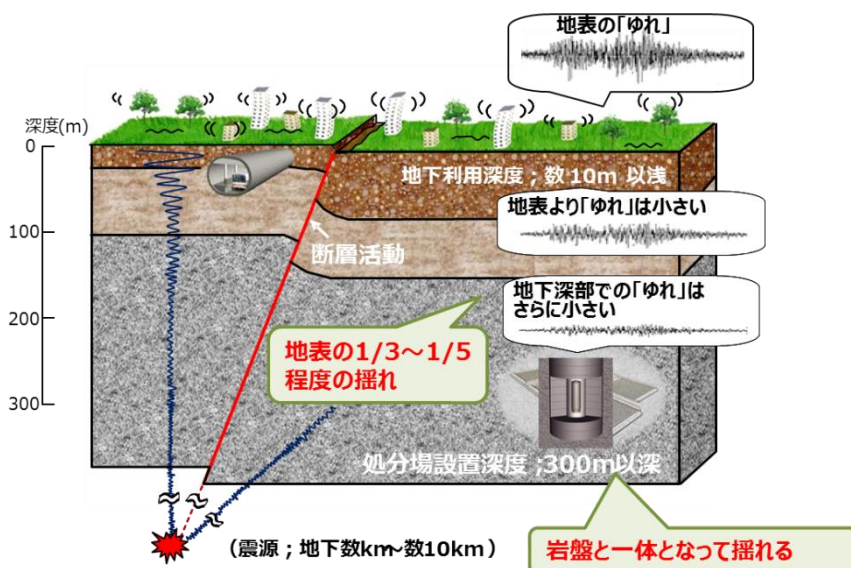
全国地震動予測地図 2020 年版（確率論的地震動予測地図）

（2021 年 3 月地震調査研究推進本部公表）



今後 30 年間にその値以上の揺れに見舞われる確率が 3%となる震度/期間と確率を固定して震度を示した地図の例（左）、今後 30 年間に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率/期間と揺れの強さを固定して確率を示した地図の例（右）

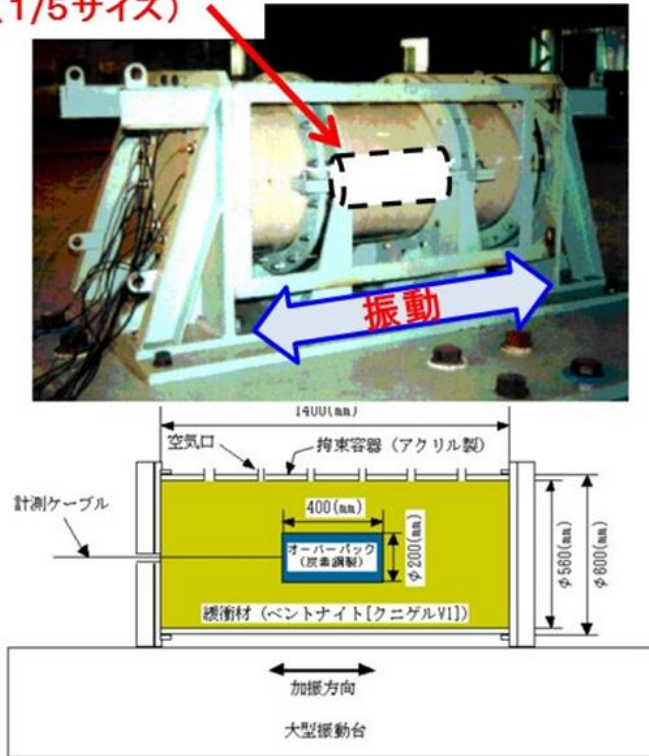
- 地震時の地下深部の揺れは地表に比べて平均すると1/3から1/5程度に小さいことがわかっています。
- また、廃棄体と岩盤と一緒に揺れることから、地下深部の処分施設に地上と同程度の大きな影響が及ぶことは考えにくいです。
- 具体的な対象地点が決まれば、その地下環境を詳しく調べ、どのような影響が及ぶかを評価し、必要な設計上の対策を講じていきます。



地震により地下深部の廃棄体が揺れた場合を模擬した実験

- 地下に埋設された廃棄物は、地震が起きても岩盤と一緒に動き、岩盤から大きな圧を受けません。
- これは、地震（岩盤の動き）を模擬した振動台の上の容器の動きに合わせて、一定の膨潤圧に達した緩衝材に包まれたオーバーバックが一体となって動いたという実験からも確認できます。

オーバーバックの模型 (1/5サイズ)



緩衝材で満たした容器にオーバーバックを入れ、過去に発生した地震を模擬した振動を加える実験に用いた装置(上:外観、下:断面図)

出典:第2次取りまとめ(JNC,1999)

⑦ 沿岸部における影響について

Q

輸送面で好ましいとされている沿岸部では、津波の影響を受けるところや地形的に険しいところ、人口密集地帯など、輸送に適さないところもあるのではないのでしょうか。

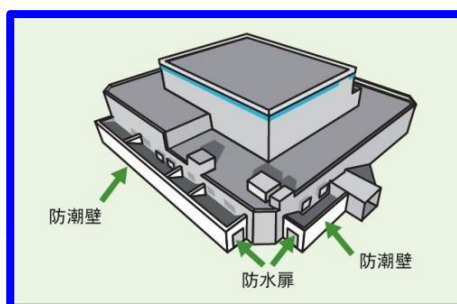
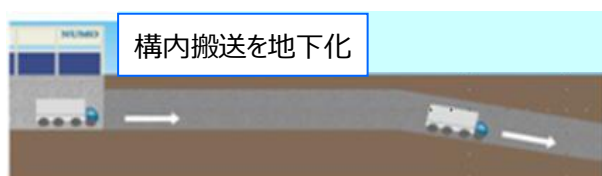
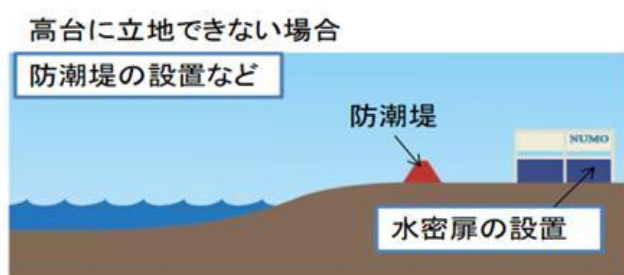
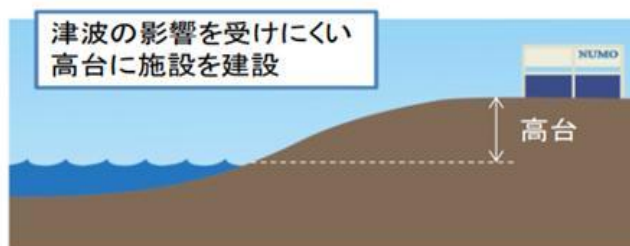
A：廃棄物の貯蔵場所からの輸送については、海上輸送を想定しており、港湾から処分場までは陸上輸送を想定しています。そのため、海岸からの輸送距離は短い方が安全上好ましいと考えています。

もちろん、海岸線からの距離が短い範囲でも、港湾の確保や、輸送道路の確保などが難しいこともあり得ます。また、逆に、輸送上の制約が大きくない地域も存在する可能性はあります。

そのような点については、処分地選定調査を受け入れていただく個別地域毎に具体的に検討していきます。

津波の影響については：

- ・ 処分場閉鎖後は、坑道が完全に塞がれますので、地下の処分場には津波の影響は及ばないと考えられます。
- ・ 一方で閉鎖前までに設置、使用する施設（特に地上施設）は、個別地域の状況に応じて、原子力関連施設と同様の津波対策が必要となります。具体的には、必要に応じて、標高の高いところに地上施設を設置するなど工学的対策をとることなどを検討します。
- ・ なお、船舶で輸送中の場合や接岸中の場合、沖合いまで避難する、港湾が被災する可能性がある場合は、あらかじめ防波堤などの工学的対策を施す、といった対策を検討します。



津波時の地上施設への浸水防止策

[出典] 原子力発電環境整備機構

「地層処分 安全確保の考え方」P30

⑧ 海域での処分について

Q 海域で処分する可能性はあるのでしょうか。

A : 放射性廃棄物の海洋への投棄についてはロンドン条約により禁止されていますが、陸域から海底に向かってアクセス斜坑を延ばし地下施設を作ること、沿岸海底下も処分地として選択肢の一つとなり得る可能性もあります。

沿岸部は概して地形の起伏の影響が小さいので、海底下では一般的には水が動きづらいことから、地下水の流れが極めて小さいといった長所があるため、沿岸海底下での処分も視野に入れています。

海域を含めた沿岸部において地層処分を実現するために必要な技術は概ね整備されていますが、塩水環境下における各種データの拡充といった技術の高度化と信頼性の向上に取り組むとともに、実際に処分地を選定する際には、科学的特性マップに掲載されていない火山・断層の影響も含めて綿密に調査します。

沿岸部の特性や技術対応可能性

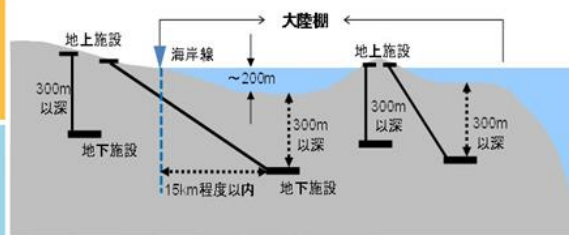
【沿岸部に期待される主な特性】

- 地下水の流れが極めて小さく、流動性が長期間にわたって低い場所を見出せる可能性。
- 隆起速度の小さい地域が比較的多い。

【沿岸部の考慮すべき事項】

- 海水準変動(注1)や塩水(塩淡境界(注2))の影響
- 侵食の影響
- 建設・操業時の安全性(津波・湧水など)

(注1) 約10万年周期で変化する海面の高さの変化のこと
(注2) 塩水と淡水の密度差や濃度差によって形成された境界



- 沿岸部で地層処分を行う場合に必要な基本的な技術は概ね整備されており、段階的な処分地選定調査・工学的対策・安全評価を適切に行うことにより、沿岸部で安全に地層処分を行うことは技術的に可能と考えられる。
- ただし、今後も技術の高度化とデータ等の拡充に引き続き取り組むことにより、更に信頼性を高めることが重要。

⑨ 不測の事態について

Q 万が一、不測の事態があった場合はどうするのでしょうか。

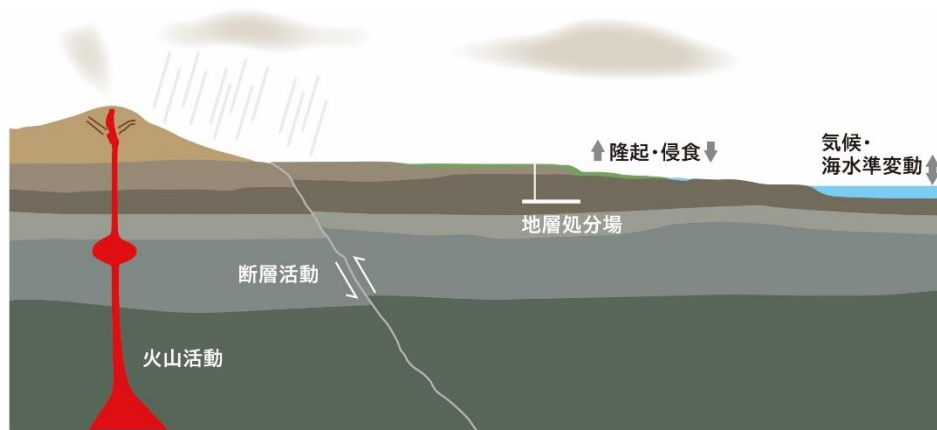
A : 人為的管理に依らず安全を確保できる状態にすることが地層処分の目標です。処分場の隔離性を損なう可能性があるような事象については、段階的な調査の中で地下深部を詳細に把握し、それを踏まえて処分場所の選定や処分施設の配置などの設計を行うことにより、その発生可能性を非常に小さくすることができます。その上で、さらに遠い将来に不測の事態が生じることを仮定してシミュレーションを行い、長期にわたる安全性の評価を実施します。

地下環境については、処分地選定調査時に詳細に調査するだけでなく、処分施設の建設着工後も、地下環境の状況を随時確かめます。もし、想定以上の地下水の湧水などの事象があれば、湧水抑制対策や処分施設の設計変更などを行います。

さらに、建設着工後に、想定していなかった過去のマグマの痕跡や大きな活断層が見つかる、あるいは、これまでの安全性の評価結果を覆すような新しい科学的事実が発見されるなどによって、あらゆる対策を施しても安全が確保できないと判断された場合については、ガラス固化体などの廃棄体を定置する前であれば当該箇所を埋設工リアの対象から除外し、廃棄体を定置した後であれば廃棄体を回収します。

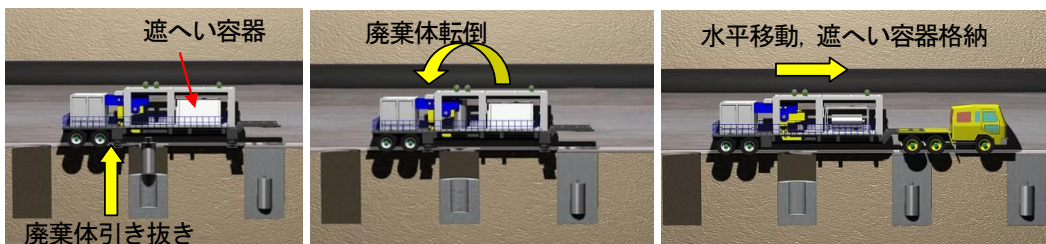
全て埋め戻した後も、規制当局が定める方針や地域の皆さまのご意向などを踏まえて、一定期間はモニタリングを行う計画です。また、処分場閉鎖後でも、掘り返して廃棄体を回収することは技術的に不可能ではありません。万が一、処分場閉鎖後に不測の事態が発生し、処分場の安全性に懸念が生じる場合は、影響の度合いと回収の困難性などを総合的に考慮し、対応策を検討することとなります。

考慮すべき地質環境



- ・文献調査段階から概要調査段階にかけては、広い範囲を調べて、火山や活断層などを避けます。
- ・現在の状況や、過去から現在までの活動の傾向を調べて将来を推測します。

ガラス固化体の回収のイメージ (引き抜きから遮へい容器への格納までの手順)



(a) 廃棄体引き抜き → (b) 廃棄体の転倒 → (c) 遮へい容器への格納

4. その他

① 科学的特性マップと文献調査の関係について

Q

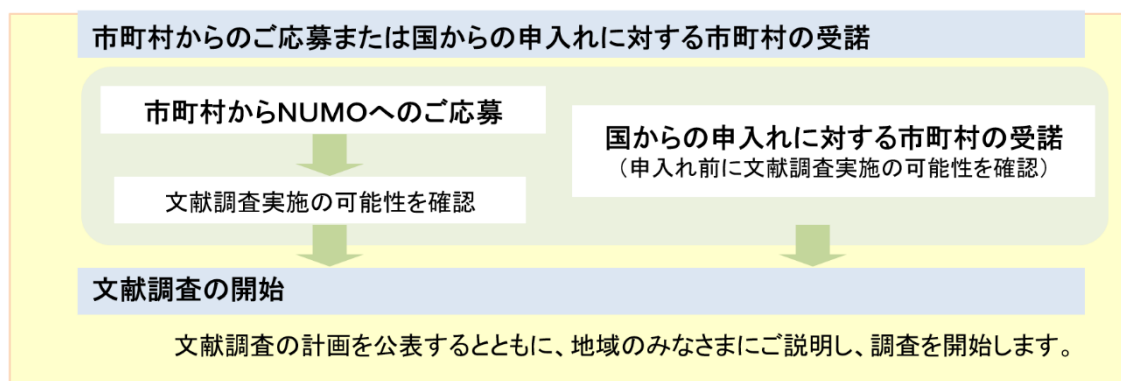
文献調査は科学的特性マップ上、グリーンや濃いグリーンの面積が非常に狭い地域でも実施することができるのでしょうか。

A : 科学的特性マップとは、地層処分に関する科学的特性を、既存の全国データに基づき一定の要件・基準に従って客観的に整理し、全国地図の形にしたものです。その地域で実際に安全に処分ができるかどうかは、文献調査以降の段階的な処分地選定調査の中で詳しく調べていきます。

文献調査は、調査に応募又は国からの申し入れを受諾いただいた市町村以外で実施することはありませんが、その市町村が、科学的特性マップの作成に用いた最新のデータ等を確認し、好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域が一部でも存在している場合は、文献調査を実施し、詳しく地質を調査していく方針です。

なお、文献調査では、科学的特性マップで使用した全国データに加えて、地質図等の地域固有の文献・データを収集し、地域の地質について詳しく調査分析していきます。

文献調査実施までの流れ



[出典] 原子力発電環境整備機構「地層処分に関する文献調査について」(2020.1)

② 社会的側面の考慮について

Q 処分地の選定には、社会的側面も考慮すべきではないでしょうか。

A : 地球科学的・技術的な観点から処分地の選定を進め、安全確保を最優先することは当然ですが、処分に適した場所は国内に広く存在していると考えられ、科学的な「最適地」というものが存在するわけではありません。社会的側面も勘案し、地域の理解を得て、総合的に判断していくことが重要と考えます。

諸外国でも、地域の土地利用の現状や見通し、地域社会に与える影響、地域の方々の受け止め方など、さまざまな社会的側面を勘案し、総合的に判断していくこととしています。

国の審議会[※]では、①地域における対話の中で早い段階から社会的側面を含めた議論を行うこと、②必要な土地や輸送に必要なインフラの利用の見通しを得ること、③地域経済や日々の生活環境に与える影響を住民に伝えること、などが重要との提言をいただきました。NUMOとして、さまざまな関心に応え、方針や考え方を具体的にお示しするなど、地域の皆さまや自治体との相互理解を深めていきます。

※第 29 回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会
放射性廃棄物ワーキング・グループ

なお、フィンランドやスウェーデンでは、NUMOに相当する事業主体が、地域の社会経済面に与える影響を調査したり、社会的側面に関する学術的な研究を支援したりしながら、地域の合意形成に貢献してきました。NUMOとしても、そうした調査・研究を行ってまいります。

<社会的側面の例（インフラ整備、土地確保）>

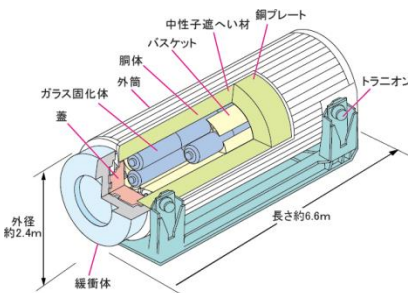
- ・地層処分事業の実現には、①廃棄体輸送のインフラ整備（道路・港）や、②処分場建設に土地の確保が必要です。
- ・ガラス固化体を陸上輸送する車両は、合計で約 150t になるような超重量物ですので、通常の一般道路では運ばません。セキュリティ上の対応なども考えると、港湾から処分施設まで、専用道路を敷設することが基本と考えています。
- ・海上輸送後の荷揚げのための港も必要です。既存の港を利用するのみならず、新しい港を建設する可能性も想定しています。地域の実情に応じて具体化していきます。

専用の輸送船の例



【出典】PNTL (Pacific Nuclear Transport Ltd.)
http://www.pntl.co.uk/wp-content/uploads/2012/09/PNTL_Grebe_01.pdf

専用の輸送容器の例



【出典】(一財)日本原子力文化財団：
原子力・エネルギー図面集 (8-3-2)

専用の輸送車両の例



【出典】原燃輸送株式会社 HP
合計約 150 t
ガラス固化体：約 0.5 t × 28 本
容器：約 100 t、車両：約 34 t

③ 先行する北欧の地層処分事業について

Q なぜ、フィンランドやスウェーデンは事業が進んでいるのでしょうか。

A : 地層処分事業を進める各国とも 1970 年代頃から、長年にわたって研究開発や処分地選定などを行っていますが、必ずしも順調に進んでいるわけではありません。

こうした中、フィンランドやスウェーデンが先行しているのは、処分事業の実施主体が、地層処分に適した環境であるか、工学的に対応可能であるかなどについて、綿密な調査を段階的に実施してきたことはもちろんのこと、地層処分の安全性について信頼を高めていただけるよう、実施主体が国民や自治体にさまざまな検討材料の提供や、住民同士が情報共有や意見交換を行っていただける場を積極的に設けるなど、長い時間をかけて丁寧な対話活動に取り組まれてきたことが挙げられます。

こうした取組に学び、まずは地層処分について関心や理解を深めていただけるよう、全国的な対話活動を丁寧に実施していきます。

各国における対話活動の知見の共有

- 各国の政府代表が参加する国際会合で、対話活動における知見や経験を共有。
- 最終処分国際ラウンドテーブル
 - ・ 第 1 回 : 2019 年 10 月 14 日 (パリ)
 - ・ 第 2 回 : 2020 年 2 月 7 日 (パリ)
 - ・ スウェーデン、フィンランド、フランス、ベルギー、スイス、英国、米国、カナダ、韓国、日本など主要な原子力利用国の政府や実施主体、国際機関が参加 (OECD/NEA、経済産業省、米国エネルギー省が共催)



国際会合で確認されたポイント

- ① 透明性があり、誠実で、開かれたプロセスを確保すること
- ② 他国でも同様の課題に向き合っていることを示しながら、ステークホルダーとの信頼を築くための努力を続けること
- ③ 安全性や技術について一般の方に分かりやすく伝えること
- ④ 長期プロジェクトであるがゆえに、ステークホルダー、実施機関、規制機関の間でパートナーシップを構築し、維持し、必要に応じて見直すこと 等

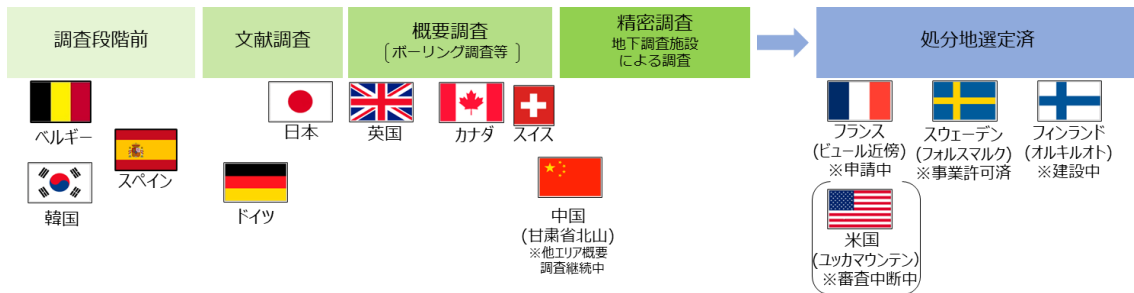
フィンランドの事例



[出典] 資源エネルギー庁「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について 2022年版」

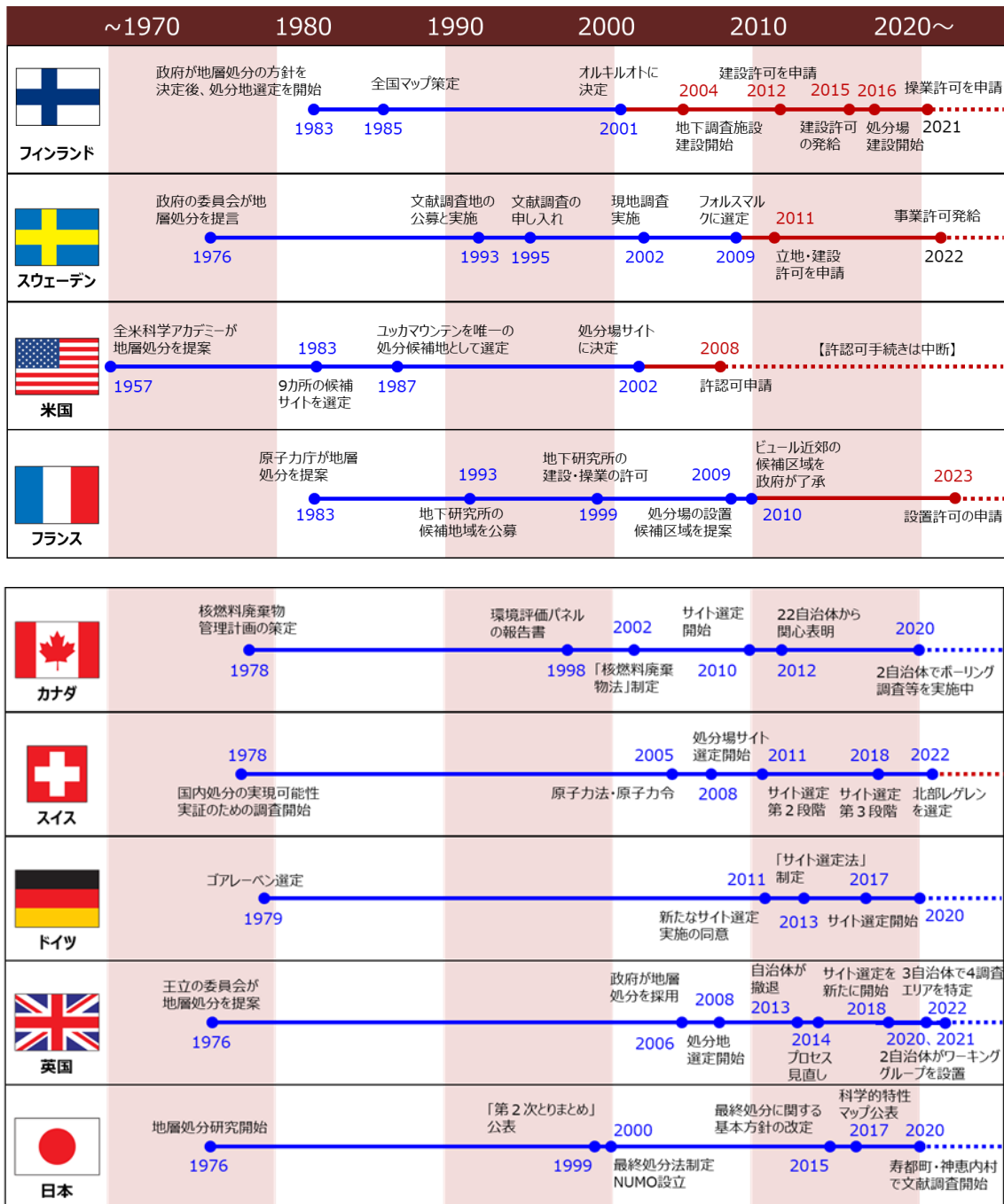
海外における高レベル放射性廃棄物の地層処分事業の進捗状況

各国の進捗をわが国の地層処分事業段階に相当する位置で示しています。段階の構成・順序は各国で異なります。



諸外国の比較

(2023年4月時点)



【出典】 資源エネルギー庁「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について 2023年版」ほか

④ 風評被害について

Q 風評被害が広がらないような対策が必要ではないでしょうか。

A : 本来、地層処分を適切に行えば、放射性物質により地域の自然環境や農水産品等が汚染されることはありません。また、廃棄体は起爆性もないものですから、施設の周辺の方々が緊急避難しなければならないような事態も想定されません。

また、処分地選定に向けた調査期間中は、放射性廃棄物は一切持ち込みません。つまり、文献調査を開始しても、地域の環境に物理的な影響を与えることはありません。

風評被害を防ぐためには、事業を受け入れていただく地域だけではなく、その他の地域の方々（消費者や観光客の皆さま）にもこうした正確な情報が伝わることが重要です。大都市等を含めて、一人でも多くの方に地層処分の仕組みや安全確保策について理解を深めていただけるよう、わかりやすい情報提供と全国的な対話活動を進めてまいます。

将来的には、受け入れていただける地域のニーズを踏まえて、例えば地域の農産品や観光資源を消費者にPRする取り組みや、他地域の人との交流を拡げてそうした地域資源に触れていただく機会を増やすなど、風評被害等のマイナス影響を予防する取組も検討していきたいと考えています。

なお、既に処分場所が決まったフィンランドやスウェーデンにおいては、自治体と実施主体等との対話活動を通じて、観光業や農業への風評被害や住宅価格低下の可能性等についても調査分析が実施されましたが、マイナスの影響は確認されませんでした。また、スウェーデンの受入自治体の前市長からは、「ゴミ捨て場ではなく、ハイテク技術が集まる工業地帯になるとの前向きなイメージを市民と共有できたことが、地元受け入れの判断につながった」と伺っています。

<フィンランドの社会経済影響調査について>

- ・事業主体であるポシヴァ社は、1999年に作成した環境影響評価報告書において、当時候補になっていた4つの自治体について、処分場立地が社会経済面に及ぼす影響の評価を行いました。
- ・その結果、どの自治体においても、農業・観光業・不動産価値に対して、特にマイナスの影響が出ることはないと評価され、むしろ雇用創出や人口増加などの経済効果が生じると見込まれました。

処分場立地による社会経済面への影響に関する評価項目

地域構造への影響評価項目	生活状況・全般的な幸福への影響評価項目
<ul style="list-style-type: none"> ・事業活動(雇用を含む) ・農業 ・観光業 ・人口規模と構造 ・その他の地域構造及び社会基盤 ・不動産価値 ・自治体への経済効果 	<ul style="list-style-type: none"> ・処分場に対する住民の考え ・社会科学的考察

[出典] 資源エネルギー庁「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について 2023年版」

<NUMOとして実施する社会経済影響調査について>

- ・国の基本方針において、NUMOは、「最終処分事業が地域の経済社会に及ぼす影響について、関係住民の関心を踏まえつつ、調査を行うものとする」こととしています。
- ・各段階の調査では、地域の安全を第一に、安全確保に関する技術的な事項からしっかりと検討を行うとともに、地域との共生などの社会的な事項からも検討を行い、総合的にご判断いただけるように進めてまいります。

⑤ 北海道の状況について

Q

北海道の寿都町と神恵内村で文献調査が開始されましたが、周辺の自治体で持ち込み拒否条例などの動きが相次いでいて、地域で不安の声が広がっているのではないのでしょうか。

A : 2020年11月、寿都町と神恵内村において、文献調査を開始しました。最終処分地の処分地選定プロセスは、地域の理解なくしては進めることができないものであり両町村に設置された「対話の場」などを通じて、地域の方々に事業を御理解いただき、議論を深めていただくことが重要と考えています。

他方で、この事業については、安全性に対する不安や懸念など、さまざまなご意見があるのも事実です。寿都町や神恵内村の周辺の自治体などにおいて、その自治体への放射性廃棄物の持ち込みの拒否を掲げる条例の制定などの動きも、そうした意思表示のひとつと考えています。

しかしながら、文献調査については、以下の事実を広く理解いただくことが重要と考えています。

- ① 調査に応募又は国からの申し入れを受諾いただいた市町村以外の地域で処分地選定調査を一方的に実施することはありません。
- ② 処分地選定プロセスにおいては、最終処分法に基づき、地域の意見を聴きながら、段階的に処分地選定調査を実施した後に、地域の意見を聴いて処分地を定めます。それまでの20年程度の全調査期間において、放射性廃棄物を持ち込むことは一切ありません。
- ③ 処分地選定プロセスのうち、最初の調査である文献調査は、事業に関心を示していただいた市町村の地質に関する、文献やデータを調査分析して情報提供することを通じて、市町村でこの事業について議論を深めていただくためのものであり、いわば対話活動の一環と考えています。
- ④ 次の調査である概要調査に進む際には、知事と市町村長のご意見を聴き、そのご意見に反して先へ進むことはありません。

こうした文献調査の位置付け等については、引き続き、寿都町と神恵内村で設置された「対話の場」をはじめとした様々な機会を通じて、周辺自治体も含めて、地域の方々に積極的に情報提供を行っていくとともに、地域のご意見を直接お伺いしながら、検討を深めていただけるよう、取り組んでまいります。

⑥ 交付金について

Q

文献調査の実施地域に、なぜ交付金を出すのですか。また、北海道知事が現時点において、概要調査への移行に反対している中、北海道内の文献調査実施地域に 20 億円もの交付金を交付することは税金の無駄ではないですか。

A : 高レベル放射性廃棄物の最終処分は、日本の社会全体で必ず解決しなければならない重要な課題です。文献調査自体は、ボーリング等の現地調査を行わず、資料やデータ等による机上調査であり、いわば対話活動の一環と考えていますが、それでも文献調査を実施する地域に様々なご負担をおかけすることになることも事実です。

電源立地地域対策交付金制度は、国として、立地地域の地元の皆さまに敬意と感謝を示し、地域の発展と住民の福祉の向上を図るため、全面的にサポートさせていただくものであり、文献調査を受け入れて、国の課題解決に多大な貢献をいただく地域を、しっかりと支援させていただくことは当然のことと考えています。

仮に、文献調査実施地域が次の概要調査に進まなかった場合でも、文献調査で得られた技術的ノウハウや対話活動で得られた経験は、他地域での文献調査にも活用することができるため、文献調査を実施する意義はあるものと考えています。このため、交付金は税金の無駄になるとは考えていません。

⑦ 対話活動について

Q

青森県とは最終処分地にしない約束があり、沖縄県のように原子力発電による電気が供給されていない地域もあります。また、科学的特性マップ上好ましい特性があると推定される場所（グリーン等）が存在しない地域や、放射性廃棄物の持ち込みを拒否する条例のある地域もあります。
そうした地域でも説明会は開催されるのでしょうか。

A：半世紀以上にわたって原子力を利用し、使用済燃料が既に存在している以上、放射性廃棄物の最終処分は、原子力発電の賛否に関わらず、将来に先送りすることなく、日本の社会全体で必ず解決しなければならない重要な課題です。

このため、受入地域に対する敬意や感謝の念を持つことが必要であるとの認識が広く全国の皆さまに共有されることが重要です。

このような考え方から、全国のできるだけ多くの地域で処分事業に関心を持っていただけるよう、また、文献調査をはじめとする処分地選定調査を実施する地域に対する風評被害を防ぐためにも、一人でも多くの方に地層処分の仕組み等について理解を深めていただき、正確な情報が伝わることを重要と考え、処分場等を受け入れる、受け入れないに関わらず、全国的な対話活動を進めてまいります。

なお、現在、海外での再処理に伴い生じたガラス固化体は、青森県六ヶ所村の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターにおいて、30～50年間を管理期間とした上で、管理されているところです。最終処分の実現に向けて、まずは広く国民理解を深めていくことが重要であり、性急にことを進めるのではなく、地道な対話活動を積み重ねていくことが結果的には最終処分の実現へとつながるものと考えます。

青森県との約束・協定

高レベル放射性廃棄物の最終処分について (青森県知事からの照会に対する経済産業大臣からの回答(平成20年4月)－抜粋－)

1. 平成6年11月19日付け6原第148号及び平成7年4月25日付け7原第53号で科学技術庁長官から責職に示した文書については、青森県と国との約束として、現在においても引き継がれております。
2. 青森県を高レベル放射性廃棄物の最終処分地にしないことを改めて確約します。
3. 青森県を高レベル放射性廃棄物の最終処分地にしない旨の確約は、今後とも引き継がれていくものであります。
4. 高レベル放射性廃棄物の最終処分地については、国民の理解を得て、早期選定が図られるよう、国が前面に立ち政府一体として不退転の決意で取り組む所存です。

経済産業大臣 甘利 明

世耕経済産業大臣閣議後会見 (平成29年7月28日－科学的特性マップ提示後の会見抜粋－)

青森県とは最終処分地にしないという約束があるわけでありますから、この約束は引き続き遵守をしていくということを前提に対応していきたいと思っております。

六ヶ所高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター周辺地域の安全確保及び環境保全に関する協定書 (平成6年12月、平成18年3月一部変更)－抜粋－

第3条 ガラス固化体の一時貯蔵管理の期間は、それぞれのガラス固化体について、貯蔵管理センターに受け入れた日から30年間から50年間とし、日本原燃(株)は、管理期間終了時点で、それぞれのガラス固化体を電力会社に搬出させるものとする。

青森県知事 三村 申吾
六ヶ所村長 古川 健治
日本原燃株式会社 代表取締役社長 兒島 伊佐美
(立会人)電気事業連合会 会長 勝俣 恒久